COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 OCTOBRE 1872.

PRÉSIDENCE DE M. FAYE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MÉTROLOGIE. — « M. Tresca fait connaître à l'Académie que la Commission internationale du Mètre, dont il a l'honneur d'être l'un des Secrétaires, et dont un assez grand nombre de nos confrères font partie, a terminé ses délibérations.

» Sous les auspices de notre vénérable confrère M. Mathieu, président de la Commission, et de M. Otto Struve, qui a plus particulièrement dirigé les discussions, il donne lecture à l'Académie du relevé méthodique qu'il a fait, pour elle, de toutes les résolutions.

Relevé méthodique des résolutions de la Commission internationale du Mètre, réunie a Paris en 1872.

» *En ce qui concerne le mètre :*

» I. Pour l'exécution du mètre international, on prend comme point de départ le mètre des Archives dans l'état où il se trouve. (Décision directe.)

» II. La Commission déclare que, vu l'état actuel de la règle en platine des Archives, il lui paraît que le mètre à traits peut en être déduit avec sécurité. Toutefois, cet avis de la Commission a besoin d'être confirmé par les différents procédés de comparaison qui pourront être employés dans cette recherche. (Commission I.)

» III. L'équation du mètre international sera déduite de la longueur actuelle du mètre des Archives, déterminée d'après toutes les comparaisons qui auront été faites à l'aide des

procédés que la Commission internationale du mètre sera en état d'employer. (Commission I.)

» IV. Tout en décidant que le nouveau mètre international doit être un mètre à traits, dont tous les pays recevront des copies identiques, construites en même temps que le prototype à traits, la Commission devra construire ensuite un certain nombre d'étalons à bouts pour les pays qui en auront exprimé le désir, et les équations de ces mètres à bouts, par rapport au nouveau prototype à traits, seront également déterminées par les soins de la Commission internationale. (Décision directe.)

» V. Le mètre international aura la longueur du mètre à zéro centigrade. (Commission V.)

» VI. On emploiera, pour la fabrication des mètres, un alliage composé de 90 de platine et 10 d'iridium, avec une tolérance de 2 pour 100 en plus ou en moins. (Commission II.)

» VII. On fabriquera avec le lingot provenant d'une coulée unique, à l'aide des procédés usités dans le travail des métaux connus, des règles dont le nombre et la forme seront déterminés par la Commission internationale. (Commission II.)

» VIII. Ces règles seront recuites pendant plusieurs jours à la température la plus élevée, pour n'avoir plus à leur faire subir que les plus faibles actions mécaniques avant de les porter sur les instruments comparateurs. (Commission II.)

» IX. Les barres de platine iridié sur lesquelles on doit tracer les mètres à traits auront une longueur de 102 centimètres, et leur section transversale sera représentée par le modèle décrit dans une Note de M. Tresca. (Commission II.)

» X. Les barres destinées à la construction des mètres à bouts auront une section transversale analogue, mais symétrique dans le sens vertical, conformément à la figure spéciale qui la représente; les bouts seront alors travaillés suivant une surface sphérique de 1 mètre de rayon. (Commission III.)

» XI. Pendant toutes les opérations que l'on devra faire avec les mètres étalons, ils seront portés par les deux rouleaux indiqués par M. le général baron de Wrede; mais, pour leur conservation, ils seront placés dans des étuis convenablement appropriés. (Commission III.)

» XII. Chacun des mètres internationaux devra être accompagné de deux thermomètres à mercure, isolés, soigneusement comparés au thermomètre à air; il est jugé nécessaire que ces thermomètres soient vérifiés de temps à autre au moyen du thermomètre à air. (Commission IV.)

» XIII. La méthode de M. Fizeau sera employée pour déterminer la dilatation du platine iridié qui servira à la construction des mètres. (Commission IV.)

» XIV. Les prototypes seront soumis aux meilleurs procédés à l'aide desquels on pourra déterminer les coefficients de la dilatation absolue des mètres entiers. Ces mesures seront faites séparément, au moins à cinq températures différentes, comprises entre zéro et 40 degrés centigrades. (Commission IV.)

» XV. La comparaison relative des prototypes devra être exécutée au moins à trois températures comprises entre ces mêmes limites. (Commission IV.)

» XVI. La Commission décide que deux appareils seront construits, l'un à déplacement

longitudinal pour le tracé des mètres, l'autre à déplacement transversal pour leur comparaison. (Commission VI.)

» XVII. Les comparaisons seront faites en immergeant les nouveaux étalons dans un liquide et dans l'air, mais en réservant de ne plonger l'étalon des Archives dans aucun liquide avant la fin des opérations. (Commission VI.)

» XVIII. Le tracé des mètres à traits et leur première comparaison avec le mètre des Archives seront d'abord effectués par le procédé de M. Fizeau. (Commission VI.)

» XIX. Pour la détermination des équations des divers étalons, en emploiera en outre tous les moyens de comparaison déjà connus et éprouvés, c'est-à-dire, suivant les cas, soit des touches de différentes formes, soit la méthode de MM. Airy et Struve, soit celle de MM. Stamkart et Steinheil. (Commission VI.)

» XX. Les équations entre le mètre des Archives et le nouveau mètre international à traits, ainsi que les équations entre les autres étalons à traits et le mètre international, seront déterminées par la discussion des résultats de toutes ces observations. (Commission VI.)

» XXI. Les opérations seront faites, à l'inverse, en partant du mètre international pour la construction des étalons à bouts qui seraient demandés par les différents États. (Commission VI.)

» *En ce qui concerne le kilogramme :*

» XXII. Considérant que la relation simple établie par les auteurs du système métrique entre l'unité de poids et l'unité de volume est représentée par le kilogramme actuel d'une manière suffisamment exacte pour les usages ordinaires de l'industrie et même de la science;

» Considérant que les sciences exactes n'ont pas le même besoin d'une relation numériquement simple, mais seulement d'une détermination aussi parfaite que possible de cette relation;

» Considérant enfin les difficultés que ferait naître un changement de l'unité actuelle de poids métrique;

» Il est décidé que le kilogramme international sera déduit du kilogramme des Archives dans son état actuel. (Décision directe.)

» XXIII. Le kilogramme international doit être rapporté à la pesée dans le vide. (Commission V.)

» XXIV. La matière du kilogramme international sera la même que celle du mètre international, c'est-à-dire le platine iridié, contenant 10 pour 100 d'iridium avec 2 pour 100 de tolérance en plus ou en moins. (Commission IX.)

» XXV. La matière du kilogramme sera fondue et coulée en un seul cylindre qui sera ensuite soumis à des chauffes et à des opérations mécaniques, capables de donner à sa masse toute l'homogénéité nécessaire. (Commission IX.)

» XXVI. La forme du kilogramme international sera la même que celle du kilogramme des Archives, c'est-à-dire un cylindre dont la hauteur égale le diamètre et dont les arêtes soient légèrement arrondies. (Commission IX.)

» XXVII. La détermination du poids du décimètre cube d'eau doit être faite par les soins de la Commission internationale. (Commission VIII.)

» XXVIII. Les balances qui devront servir aux pesées sont, non-seulement celles qui pourraient être mises dès à présent à la disposition du Comité d'exécution par les institutions et les savants qui les possèdent, mais encore une nouvelle balance construite suivant les conditions de la plus grande précision. (Commission X.)

» XXIX. Les volumes de tous les kilogrammes seront déterminés par la méthode hydrostatique, mais le kilogramme des Archives ne sera placé ni dans l'eau ni dans le vide avant la fin des opérations. (Commission X.)

» XXX. Pour déterminer le poids des nouveaux kilogrammes, par rapport à celui des Archives, dans le vide, on se servira de deux kilogrammes auxiliaires, autant que possible de même poids et de même volume que celui des Archives, suivant la méthode indiquée par M. Stas.

» Chacun des nouveaux kilogrammes devra aussi être comparé dans l'air avec le kilogramme des Archives. (Commission X.)

» XXXI. Le kilogramme international étant construit, tous les autres lui seront comparés, dans l'air et dans le vide, pour la détermination de leurs équations. (Commission X.)

» XXXII. On emploiera dans ce but la méthode de l'alternance et celle de la substitution, avec contre-poids de même matière. (Commission X.)

» XXXIII. Les corrections relatives aux pertes de poids dans l'air seront effectuées avec les données les plus précises et les mieux discutées de la science. (Commission X.)

» *En ce qui concerne l'exécution :*

» XXXIV. La confection des nouveaux prototypes du mètre et du kilogramme, le tracé des mètres, la comparaison des nouveaux prototypes avec ceux des Archives, ainsi que la construction des appareils auxiliaires nécessaires à ces opérations, sont confiés aux soins de la section française, avec le concours du Comité permanent, prévu dans l'article suivant. (Commission VII.)

» XXXV. La Commission choisit dans son sein un Comité permanent, qui doit fonctionner jusqu'à la prochaine réunion de la Commission, avec l'organisation et les attributions suivantes :

» *a*) Le Comité permanent sera composé de douze membres appartenant tous à des pays différents; pour délibérer valablement, il faut au moins la présence de cinq de ses membres. Il choisit lui-même son président et son secrétaire; il s'assemblera toutes les fois qu'il le jugera nécessaire, et au moins une fois par an.

» *b*) Le Comité dirige et surveille l'exécution des décisions de la Commission internationale, au sujet de la comparaison des nouveaux prototypes métriques entre eux, ainsi que la construction des comparateurs, balances et autres appareils auxiliaires servant à ces comparaisons.

» *c*) Le Comité permanent fera les travaux indiqués dans le paragraphe *b*) précédent avec tous les moyens appropriés qui seront à sa disposition; il aura recours pour ces travaux au bureau international des poids et mesures, dont la fondation sera recommandée aux États intéressés.

» *d*) Lorsque les nouveaux prototypes seront construits et comparés, le Comité permanent rendra compte de tous les travaux à la Commission internationale, qui sanctionnera les prototypes avant de les distribuer aux différents pays.

» XXXVI. La Commission internationale signale aux gouvernements intéressés la grande utilité qu'il y aurait à fonder à Paris un bureau international des poids et mesures sur les bases suivantes :

» 1° L'établissement sera international et déclaré neutre ;

» 2° Son siége sera à Paris ;

» 3° Il sera fondé et entretenu aux frais communs de tous les pays qui adhéreront au traité à intervenir entre les États intéressés pour la création du bureau ;

» 4° L'établissement dépendra de la Commission internationale du Mètre et sera placé sous la surveillance du Comité permanent, qui désignera le directeur ;

» 5° Le bureau international aura les attributions suivantes :

» *a*) Il sera à la disposition du Comité permanent pour les comparaisons qui serviront de base à la vérification des nouveaux prototypes, dont le Comité est chargé ;

» *b*) La conservation des prototypes internationaux, suivant les prescriptions données par la Commission internationale ;

» *c*) Les comparaisons périodiques des prototypes internationaux avec les étalons nationaux et avec les témoins, ainsi que celle des thermomètres étalons, suivant les règles établies par la Commission ;

» *d*) La confection et la vérification des étalons que d'autres pays pourront demander à l'avenir ;

» *e*) La comparaison des nouveaux prototypes métriques avec les autres étalons fondamentaux, employés dans les différents pays et dans les sciences ;

» *f*) La comparaison des étalons et échelles de précision qui pourront être envoyés à sa vérification, soit par des gouvernements, soit par des sociétés savantes ou même par des artistes et des savants ;

» *g*) Le bureau exécutera tous les travaux que la Commission ou son Comité permanent lui demandera dans l'intérêt de la métrologie et de la propagation du système métrique. (Commission VII.)

» XXXVII. Le bureau de la Commission internationale est chargé de s'adresser au Gouvernement français, pour qu'il veuille bien communiquer, par voie diplomatique, les vœux de la Commission concernant la fondation d'un bureau international des poids et mesures, aux gouvernements de tous les pays représentés dans la Commission, et pour qu'il invite ces gouvernements à conclure un traité pour créer d'un commun accord et le plus tôt possible un bureau international des poids et mesures sur les bases proposées par la Commission. (Commission VII.)

» *En ce qui concerne les moyens de conservation des étalons et la garantie de leur invariabilité :*

» XXXVIII. La Commission est d'avis que l'étalon international devra être accompagné de quatre règles identiques, maintenues comme lui à température aussi peu variable que possible ; une autre règle identique devra être conservée, à titre d'expérience, à température

invariable et dans le vide; il y aura lieu d'établir des témoins en quartz et en béryl, comparables en tous temps à la règle entière, en totalité ou par fractions. (*Les autres moyens sont réservés.*) (Commission XI.)

» XXXIX. La Commission émet le vœu que, dans l'intérêt de la science géodésique, le Gouvernement français fasse mesurer à nouveau, en temps opportun, une des nouvelles bases françaises. (Décision directe.)

» En terminant cette lecture, M. Tresca se félicite d'avoir pu donner à l'Académie, avant qu'aucune autre Communication en ait été faite, connaissance de ce document, en présence de quelques-uns de ses éminents collègues de la Commission, qui assistent encore à cette séance.

» Toutes les résolutions ont été prises d'un commun accord, dans l'esprit d'une parfaite confraternité; tous les votes ont été presque unanimes. En donnant à ce document la publicité de ses *Comptes rendus*, l'Académie sera heureuse de s'associer en quelque sorte à une œuvre qui, ainsi qu'elle a pu en juger, a un caractère essentiellement scientifique, dont nous sommes surtout redevables au concours de savants venus de tous les points de l'Europe et à la collaboration empressée des représentants de presque toutes les nations des deux Amériques. »

ASTRONOMIE. — *Sur la constante de l'aberration et la vitesse de la lumière, considérées dans leurs rapports avec le mouvement absolu de translation du système solaire;* Note de **M. Yvon Villarceau.**

« Dans la séance du 22 juillet dernier, M. Le Verrier a fait à l'Académie une importante Communication sur les masses des planètes, et a cru devoir appeler toute l'attention des astronomes sur la détermination directe de certaines constantes fondamentales, entre autres la constante de l'aberration et la vitesse de la lumière. Il réclamait également des renseignements sur la précision avec laquelle a été mesurée la constante de l'aberration à l'Observatoire de Poulkova. L'éminent directeur de cet établissement s'est empressé de répondre à l'appel que lui adressait M. Le Verrier, et l'Académie a entendu, avec une vive satisfaction, M. Otto Struve confirmer l'exactitude des résultats obtenus par son illustre père. Cette confirmation est la conséquence d'une révision de certaines parties du travail, faites postérieurement à la publication de la constante universellement adoptée.

» Je ne pense pas qu'il soit venu à l'esprit des astronomes qui savent avec quels soins, avec quelle habileté s'exécutent les observations à l'Observatoire de Poulkova, d'émettre le moindre doute sur le degré de précision que W. Struve attribue aux résultats de son travail. En présence de l'accord

des nombres fournis par sept étoiles de déclinaisons, peu différentes il est vrai, mais occupant, sur leur parallèle commun, des positions très-variées, les astronomes se sont tacitement accordés à considérer la constante de l'aberration comme étant la même pour toutes les étoiles. Cependant W. Struve était loin d'être aussi affirmatif; car il formule, dans les termes suivants, la seconde des conclusions auxquelles il arrive : « 2° Qu'il faut supposer, *dans* » *les sept étoiles,* la même constante de l'aberration, c'est-à-dire la même vi- » tesse de la lumière. » La généralisation du résultat, ou son extension à toutes les étoiles, a pu paraître fort légitime aux astronomes, et l'on doit reconnaître en effet que, les observations astronomiques, réduites au moyen de la nouvelle constante, ne semblent déceler en rien son insuffisance. On conçoit cependant que si la constante de l'aberration est réellement variable avec les étoiles, mais que ses variations, d'une étoile à l'autre, soient de l'ordre de grandeur des écarts existant entre les résultats partiels de W. Struve, la réalité de telles variations ne pourra être mise en évidence qu'au moyen d'observations instituées spécialement pour cet objet, observations dont la précision ne devra pas être inférieure à celle obtenue par ce grand astronome.

» On objectera sans doute que, si les différences des constantes ne doivent s'élever en moyenne qu'à 3 ou 4 centièmes et ne pas dépasser 1 dixième de seconde, il est inutile de soulever de pareilles questions. Il faut remarquer, d'une part, que les erreurs commises dans l'évaluation de la constante de l'aberration produisent, sur la parallaxe solaire, des erreurs qui atteignent presque la moitié des premières, et qu'il s'agit de déterminer cette parallaxe à 1 ou 2 centièmes de seconde près; d'autre part, que rien ne prouve que les valeurs des constantes de l'aberration, que fourniraient des étoiles appartenant à d'autres régions du ciel que celles qui culminent au zénith de Poulkova, ne présenteraient pas, avec la constante de Struve, des différences supérieures à 1 dixième de seconde : on ne pourrait arriver, sans recourir à un mode spécial d'investigation, à découvrir, au moyen des observations méridiennes ordinaires, la nécessité d'une correction de $0'',2$, par exemple, à la constante de Struve. Enfin il faut répondre à cette question : existe-t-il donc des motifs de supposer que la constante de l'aberration ne soit pas la même pour toutes les étoiles? Ces motifs existent et sont fournis par une théorie de l'aberration, plus générale que celle adoptée par les astronomes : les déductions de cette théorie ont été présentées au Bureau des Longitudes, il y a une quinzaine d'années; nous allons les reproduire ici en les accompagnant de quelques éclaircissements.

» Dans la théorie ordinaire de l'aberration, la déviation apparente de la direction d'un corps céleste s'obtient en composant la vitesse de la lumière avec celle du lieu de l'observation, prise en sens contraire; et l'on prend, pour cette dernière, la vitesse résultant du mouvement de translation de la Terre autour du Soleil et de son mouvement de rotation. Or il est clair que cette vitesse ne peut être substituée à la vitesse réelle qu'autant que le mouvement de translation du Soleil est négligeable par rapport à la vitesse de la lumière. Au premier abord, la question paraît facile à décider ; en effet, nous savons, grâce aux beaux travaux de MM. Argelander, Otto Struve et Peters, que le système solaire est entraîné vers la constellation d'Hercule, avec une vitesse annuelle de 1,6 rayons de l'orbite terrestre, vitesse négligeable par rapport à celle de la lumière. Il semble donc que le mode ordinaire d'évaluer les effets de l'aberration soit à l'abri de toute critique. Une telle conclusion ne serait cependant pas fondée, attendu que le mouvement propre du système solaire qui vient d'être mentionné n'est en réalité qu'un mouvement relatif au système de comparaison formé par l'ensemble des étoiles observées, lesquelles appartiennent à notre nébuleuse : la voie lactée. Le mouvement propre du système solaire, qui doit figurer dans la théorie de l'aberration, est le mouvement résultant du mouvement relatif et du mouvement général de translation des étoiles observées. On conçoit aisément que les deux mouvements de translation que nous considérons, bien qu'affectés d'une dénomination commune, peuvent n'avoir entre eux aucune relation nécessaire ; de telle sorte que la connaissance de l'un ne puisse permettre de préjuger en rien ce qui se rapporte à l'autre.

» Pour éviter toute confusion, nous désignerons le mouvement résultant dont il s'agit dans la théorie de l'aberration sous la dénomination de mouvement *absolu* du système solaire, et nous entendrons par là le mouvement rapporté à la masse éthérée qui remplit les espaces célestes, celle-ci étant supposée fixe, ou plutôt n'éprouver que des mouvements vibratoires.

» Le principe de la nouvelle théorie est emprunté à la Physique ou à la théorie des ondulations : il consiste en ce qu'un rayon lumineux se propage, dans les espaces célestes, suivant une direction et avec une vitesse invariables et indépendantes du mouvement que peut posséder la source lumineuse. Ce principe étant admis, on en tire, par une suite de déductions géométriques ou analytiques très-claires et très-correctes, un système de relations explicites, qui contiennent à la fois les différentes sortes d'aberrations et de parallaxes que l'on considère en Astronomie. Si, dans ces relations, on

suppose nul le mouvement absolu du système solaire, on retombe sur les formules connues d'aberrations et de parallaxes.

» Voici en quoi la nouvelle théorie de l'aberration diffère de l'ancienne : si l'on fait abstraction de quelques termes du deuxième ordre, dont le plus fort ne s'élève qu'à 0",002, il arrive que les expressions diverses de l'aberration conservent la forme qu'elles ont dans la théorie ordinaire, et que le coefficient constant qui les affecte, au lieu d'être le même pour toutes les étoiles, varie suivant leurs directions. Soient U la vitesse du mouvement absolu de translation du système solaire, V la vitesse de la lumière, v le rapport $\frac{U}{V}$, $\varkappa$ l'angle formé par la direction du mouvement absolu du Soleil avec la direction d'une étoile, K une constante qui dépend du mouvement de la Terre autour du Soleil (*), (α) la constante spéciale à l'étoile considérée; on a

$$(1)\qquad (\alpha) = \frac{K}{V}\,\frac{1}{v\cos\varkappa + \sqrt{1 - v^2\sin^2\varkappa}}.$$

» En supposant ici v nul, la valeur de (α) se réduit à $\frac{K}{V}$, et l'on retombe sur les formules connues.

» On observera, en outre, que les étoiles dont les directions font le même angle $\varkappa$ avec celle de la vitesse U ont la même constante d'aberration. Il existe donc deux circonstances dans lesquelles une même valeur de la constante de l'aberration peut être commune à plusieurs étoiles: 1° lorsque le mouvement absolu de translation du système solaire est nul, cas auquel la constante est commune à toutes les étoiles; 2° lorsque, ce mouvement n'étant pas nul, les directions des étoiles font un même angle avec la direction de ce mouvement. Réciproquement, il est aisé de conclure que, si plusieurs étoiles ont la même constante d'aberration, il faut, de deux choses l'une : ou que la vitesse absolue du mouvement de translation du système solaire soit négligeable par rapport à celle de la lumière, ou que la direction de ce mouvement fasse un même angle avec celles des étoiles.

» Appliquons ces considérations à la discussion des résultats obtenus par W. Struve. Si, à l'exemple de cet astronome, nous attribuons aux erreurs des observations les petites différences entre les sept constantes

---

(*) $$K = \frac{2\pi a}{T\cos\eta\sin 1''},$$

expression dans laquelle a est le demi-grand axe de l'orbite terrestre, T la durée de l'année sidérale, et η l'angle (sin = excentricité).

qu'il a obtenues; si, d'ailleurs, nous faisons abstraction des faibles distances, au zénith de Poulkova, des étoiles observées lors de leurs culminations, nous nous trouverons en présence de cette alternative : ou bien la vitesse absolue du mouvement de translation du système solaire est négligeable par rapport à celle de la lumière ; ou, au contraire, la première de ces vitesses n'est pas négligeable et sa direction fait un même angle avec celles des étoiles observées. Dans ce dernier cas, les directions des étoiles doivent satisfaire à une condition, celle d'appartenir à une même surface conique à base circulaire. Or cette condition est satisfaite, puisque les distances polaires des étoiles sont égales à la colatitude de Poulkova : l'axe de la surface conique se trouve ainsi coïncider avec l'axe de la Terre.

» En résumé, de ce que la constante de l'aberration est supposée la même pour les sept étoiles observées par W. Struve, dans le voisinage du zénith de son observatoire, on ne peut rigoureusement tirer d'autre conséquence que celle-ci : ou bien la vitesse absolue de translation du système solaire est négligeable par rapport à celle de la lumière, ou bien il en est autrement, et alors la direction de ce mouvement est sensiblement parallèle à l'axe de la Terre.

» La nouvelle théorie de l'aberration offre le moyen de sortir de cette alternative. En effet, il est facile d'exprimer la quantité $v \cos \varkappa$ en fonction des trois composantes rectangulaires de la vitesse absolue de translation du système solaire et des coordonnées polaires qui déterminent la direction des étoiles : l'équation (1), étant appliquée à chaque étoile, fournira une relation entre ces trois composantes et la vitesse V de la lumière et comprendra ainsi quatre inconnues. Si donc on observe au moins quatre étoiles, dont les directions soient *convenablement* choisies, on aura le moyen de déterminer à la fois les trois composantes du mouvement de translation du système solaire et la vitesse de la lumière. A l'égard du choix des directions des étoiles, nous indiquerons une condition qui ressort soit de considérations purement géométriques, soit de l'expression du dénominateur commun des inconnues : c'est que les étoiles ne soient pas toutes situées sur un même cercle de la sphère, petit ou grand. On voit par là comment les sept équations que l'on pourrait former avec les nombres de W. Struve ne peuvent suffire à la détermination des quatre inconnues.

» La solution du problème s'obtiendrait en instituant, sur quelque point de l'hémisphère austral, un système d'observations analogue à celui qui a été réalisé à Poulkova, et combinant les nouvelles déterminations avec celles de W. Struve.

» On peut se fonder sur le peu de probabilité que la direction du mouvement absolu du système solaire coïncide avec l'axe de la Terre, pour prévoir le résultat des observations ; cependant une semblable coïncidence n'est pas impossible et n'est pas plus improbable que la coïncidence avec toute autre direction prise au hasard.

» Le résultat des nouvelles observations fût-il d'ailleurs négatif, en ce sens qu'il confirmerait simplement l'hypothèse admise d'une constante de l'aberration commune à toutes les étoiles, un tel résultat ne serait pas sans importance, puisqu'une hypothèse se trouverait transformée en une vérité démontrée par les faits ; mais il serait facile de déduire des observations un autre résultat non moins digne d'intérêt : on arriverait à fixer une limite supérieure de la vitesse absolue de translation du système solaire, limite qui résulterait de la limite des erreurs attribuables aux observations.

» Il sera nécessaire, avons-nous dit, que la précision des nouvelles observations ne soit pas inférieure à celle des anciennes : ajoutons qu'il conviendrait également que le système d'observations fût comparable autant que possible avec celui mis en œuvre à l'Observatoire de Poulkova. N'est-ce pas déclarer que ce célèbre établissement conduirait, mieux que tout autre, à bonne fin, une œuvre dans laquelle il s'est si brillamment distingué? Dans cette conviction, j'ose adresser à notre éminent correspondant, M. Otto Struve, la prière d'accorder quelque attention à une proposition dont il pourra mesurer le degré d'importance.

» Nous terminerons cette Note en présentant une remarque sur la détermination directe de la vitesse de la lumière, que M. Le Verrier voudrait voir reprendre par les physiciens. D'après la nouvelle théorie de l'aberration, il ne suffirait pas de diviser la distance E comprise entre la source lumineuse et le lieu de l'observation par le temps $t_1 - t_0$ que la lumière met à la parcourir : le résultat qu'on obtiendrait ainsi ne serait pas égal à la vitesse de la lumière; car on n'aurait pas tenu compte du déplacement de l'observateur pendant la durée du trajet, déplacement dû, tant au mouvement absolu du système solaire, qu'à celui de la Terre autour du Soleil et à son mouvement de rotation; il est aisé de reconnaître que les deux derniers mouvements ne peuvent donner rien de bien sensible; si l'on en fait abstraction et que l'on suppose au contraire la vitesse absolue du Soleil comparable à celle de la lumière, on aura la relation

$$(2)\qquad \frac{E}{t_1 - t_0} = V\left(v\cos x + \sqrt{1 - v^2\sin^2 x}\right),$$

dans laquelle x désigne l'angle formé par la droite allant de l'observateur à la source lumineuse, avec la direction du mouvement absolu du système solaire. Or, si les progrès de la Physique pouvaient permettre d'obtenir des valeurs du rapport $\frac{E}{t_1 - t_0}$ variables avec l'angle x, la formule (2), traitée comme il a été dit au sujet de la formule (1), permettrait de déduire, des observations directes, la vitesse de la lumière et les trois composantes du mouvement absolu du système solaire.

» On peut remarquer que les formules (1) et (2) contiennent la vitesse V multipliée par le même facteur $v \cos x + \sqrt{1 - v^2 \sin^2 x}$; il est à peine nécessaire de faire remarquer que le produit est égal à la résultante de la vitesse de la lumière et de la vitesse absolue de translation du système solaire prise en sens contraire. Il s'ensuit que les formules en usage, tant pour l'aberration que pour la mesure directe de la vitesse de la lumière, n'ont à subir d'autre modification que le remplacement de cette vitesse par la résultante dont il vient d'être question.

» N. B. — Il ne faut pas perdre de vue que la théorie qui précède ne s'applique directement qu'à la vitesse de la lumière dans le vide. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Observations présentées par* **M. J. Bertrand**, *à l'occasion du dernier cahier du* Journal für die reine und angewandte Mathematik, *publié à Berlin* (Band 75, erstes Heft).

« Dans le dernier cahier du *Journal de Mathématiques* publié à Berlin, M. Helmholtz discute les objections déjà nombreuses soulevées par sa théorie nouvelle des actions électrodynamiques. L'éminent auteur n'accepte comme décisif aucun des arguments allégués contre lui, et croit adresser à chacun une réponse concluante ou plausible. Les critiques que j'avais présentées dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* (23 octobre 1871) prouvent, suivant moi, très-rigoureusement l'inexactitude de la formule nouvelle proposée pour représenter l'action de deux éléments de courant. M. Helmholtz n'en tombe nullement d'accord et propose une explication à laquelle je n'avais pas songé, je l'avoue, mais que j'aurais écartée certainement, car elle implique une impossibilité physique aisément démontrable. Je me propose de le faire voir dans cette Note.

» M. Helmholtz, on ne l'a pas oublié, représente l'action de deux éléments de courant par une loi entièrement différente de celle d'Ampère. Plus d'une fois déjà on avait remarqué que la loi d'Ampère cesse d'être

seule possible si l'on n'impose pas à l'action de deux éléments la condition de s'exercer suivant la ligne droite qui les joint. M. Cellerier, M. Grassmann, et plus récemment M. Reynard, ont savamment développé cette remarque, qui se rencontre d'ailleurs dans les Œuvres posthumes de Gauss, et qu'Ampère lui-même avait faite plus d'une fois. Mais les lois nouvelles obtenues diffèrent essentiellement de celle que propose aujourd'hui M. Helmholtz; toutes les fois que le circuit attirant est fermé, elles donnent le même résultat que celle d'Ampère, et cette condition, on le sait, est nécessairement remplie dans toutes les expériences réalisables. La loi nouvelle de M. Helmholtz ne s'accorde, au contraire, avec la loi classique que si les deux circuits en présence sont l'un et l'autre fermés, et, comme on peut étudier l'action exercée sur une portion mobile de circuit, l'expérience peut prononcer, et condamne, on l'a prouvé récemment, la théorie de M. Helmholtz (*Nachrichten* de Göttingue 14 août 1872).

» Mais je veux ici discuter seulement l'objection décisive que j'avais adressée à M. Helmholtz, en démontrant l'impossibilité absolue de la réponse qu'il propose.

« On peut affirmer, avais-je dit, que la tentative de M. Helmholtz ne » saurait réussir, et qu'aucune expression ne peut remplir les conditions » introduites dans sa définition du potentiel. »

» J'ai prouvé en effet que, quelle que soit l'expression adoptée pour le potentiel de deux éléments isolés, elle ne saurait correspondre à aucune force déterminée exercée sur chaque élément.

» Cette démonstration est rigoureuse; elle ne suppose nullement, comme le croit M. Helmholtz, que l'on admette l'hypothèse d'Ampère sur la direction de la force produite. Si j'avais fait une telle supposition, toute discussion eût été inutile; car il est démontré que les expériences ne permettent, dans ce cas, aucune autre loi que celle d'Ampère. L'inadvertance commise par M. Helmholtz est, d'ailleurs, ici sans importance; car ce n'est pas une force, suivant lui, qui représente l'action, c'est le système d'une force et d'un couple.

» Je ne m'attendais pas, je l'avoue, à voir reparaître cette idée de *couple primitif*, proposée, il y a cinquante ans, par deux physiciens français, et abandonnée pour toujours, je le croyais, après les judicieuses et profondes réflexions d'Ampère. Mais puisque les arguments philosophiques de notre illustre compatriote n'ont pas convaincu M. Helmholtz, j'y joindrai, dans le cas actuel, une démonstration mathématique rigoureuse.

» La loi proposée par M. Helmholtz exigerait, en effet, que l'action d'un

élément infiniment petit ds', sur un élément ds, fût représentée par une force dont l'ordre de grandeur est $ds ds'$ et par un couple dont le moment est de même ordre. L'action d'un courant fini sur l'élément ds serait donc composée d'une force comparable à ds, et d'un couple dont le moment est également comparable à ds ; ces résultats sont la conséquence immédiate de la formule. Je n'ai pas à en développer la preuve; M. Helmholtz, en effet, les énonce sous une forme exactement équivalente, et sur ce point il ne peut y avoir de désaccord. Remarquons cependant, indépendamment de tout calcul, que, si le moment du couple agissant sur l'élément ds était infiniment grand ou infiniment petit par rapport à ds, l'action totale sur un courant fini serait infinie dans le premier cas et nulle dans le second; toute hypothèse autre que celle fournie d'ailleurs par la formule serait donc, *à priori*, inacceptable.

» Je vais prouver maintenant qu'il est également impossible de supposer un fil de grandeur finie dont chaque élément ds soit sollicité par un couple de moment comparable à ds. Un tel système de forces, en effet, détruirait instantanément le fil, quelle que fût sa ténacité.

» Un couple agissant sur l'élément ds, et dont le moment est du même ordre que ds, est nécessairement formé par deux forces finies agissant en sens contraire en deux points de l'élément. Il faut donc admettre, dans la théorie de M. Helmholtz, qu'un courant de dimensions et d'intensités finies peut développer sur un élément infiniment petit des forces d'intensité finie, parallèles et contraires il est vrai, formant un couple dont le moment est infiniment petit, mais enfin d'intensité finie. Or de telles forces, je vais le prouver, exigeraient dans le fil une ténacité infinie, et un fil de cuivre ou de fer parcouru par un courant aussi faible qu'on voudra le supposer serait brisé à l'instant et réduit en poussière par l'action d'un second courant, quels qu'en fussent l'intensité et l'éloignement. Les forces et les couples indiqués par la loi de M. Helmholtz, si on les compose d'après les règles de la Statique, donnent, je le sais, un système résultant bien éloigné de faire craindre de tels effets; mais une telle composition n'est nullement permise quand on veut apprécier les chances de rupture. Deux forces égales et contraires appliquées à un corps solide, se détruisant d'après les règles de la Statique, en sont-elles moins capables de le rompre? La rupture immédiate d'un fil dont chaque élément est sollicité par un couple dont la force est d'intensité finie semblera non moins évidente à tout esprit familier avec la théorie de la résistance des matériaux. Pour en montrer la nécessité à tous les yeux, considérons les forces qui sollicitent le fil comme formant deux sys-

tèmes : le premier composé de toutes celles dont la composante verticale est dirigée vers le haut, et le second comprenant toutes les autres; chaque couple fournira évidemment une force à chacun des deux systèmes; le premier système, s'il agissait seul, produirait sur le fil, considéré comme rigide, une accélération infinie, puisqu'il est composé d'un nombre infini de forces finies dont les composantes verticales sont toutes dirigées dans le même sens. Le centre de gravité, par exemple, pour invoquer un principe bien connu, prendrait nécessairement une accélération infinie. Le second système de forces, il est vrai, tend à produire une accélération contraire, et l'effet total, calculé par la théorie du mouvement des corps rigides, pourra être extrêmement petit; mais cette théorie n'est pas applicable ici, puisqu'il s'agit précisément de savoir si le corps solide pourra subsister; et n'est-il pas évident, au contraire, que, sollicité en même temps à prendre une accélération infinie vers le haut et une accélération infinie vers le bas, il ne pourra résister à des efforts contraires, que sa ténacité, quelle qu'elle soit, sera vaincue et que le fil serait réduit en poussière?

» Pour faire comprendre plus clairement encore cette conséquence inévitable des actions supposées, je veux préciser la démonstration précédente en la développant dans un cas simple.

» Supposons un fil rectiligne horizontal long d'un mètre et partagé en 100 milliards de parties égales assimilées aux éléments infiniment petits auxquels se rapporte la formule; supposons chacune d'elles sollicitée par un couple formé par deux forces verticales égales chacune à 1 milligramme. Peu importe que les couples agissant sur le fil supposé rigide se composent, d'après les règles de la Statique, en un couple de moment très-petit, incapable, sans doute, de briser un fil d'araignée; le fil de cuivre tiré vers le haut par 100 milliards de milligrammes, c'est-à-dire 100,000 kilogrammes, et vers le bas par une force égale, en sera-t-il moins brisé à l'instant? Et, qu'on le remarque bien, il ne s'agit pas d'éléments très-petits, mais *infiniment* petits; ce n'est donc pas 100 milliards de forces qu'il faut supposer, c'est une infinité, quelque petite que soit la valeur finie de chacune d'elles, c'est une résistance *infinie* que le fil devrait développer pour rester solide.

» La question est assez importante pour que j'insiste encore en montrant, par des considérations d'un autre ordre, l'impossibilité de l'hypothèse proposée.

» Considérons un fil dont chaque élément serait sollicité par une force et un couple conformément à l'hypothèse de M. Helmholtz, et admettons

qu'il puisse résister, un état d'équilibre se produira; mais il est évident que, la substance du fil étant élastique et chaque élément sollicité par des forces finies, cet équilibre sera précédé d'une déformation. Si petite qu'on veuille la supposer, cette déformation est finie, la force appliquée à chaque élément l'est également, et le travail total serait par conséquent infini. Il ne faut pas objecter que les deux forces égales opposées et infiniment voisines d'un même couple produiront des travaux égaux et de signes contraires quand on néglige les infiniment petits : il en serait ainsi si le fil était mathématiquement rigide; mais s'il se déforme, si chaque molécule cède aussi peu qu'on le voudra à la force finie qui agit sur elle, les deux forces du couple produiront, par suite de cette déformation, des travaux positifs dont la somme totale sera infinie; la déformation d'un fil de cuivre légèrement dilaté ou comprimé ne saurait, d'un autre côté, exiger un travail infini : c'est précisément pour cela qu'il y a contradiction, et que l'hypothèse d'un fil sollicité par les forces dont nous parlons et prenant un état définitif d'équilibre est absolument contradictoire; elle ne serait possible que pour un corps mathématiquement rigide, tel que le supposait Poinsot, sans qu'aucun effort puisse le rompre et aucune influence le déformer.

» J'avais adressé à M. Helmholtz une seconde objection. Je me suis efforcé de l'énoncer clairement, et je persiste à croire, en relisant les pages 968 et 969 des *Comptes rendus* (t. LXXIII), qu'il est difficile d'hésiter sur leur sens précis. M. Helmholtz a cru cependant que je me suis demandé simplement si la force d'induction représentée par ses formules a une direction déterminée en chaque point du courant induit, et il prend la peine de calculer, dans trois cas différents, cette direction, dont l'existence, suivant lui, me paraîtrait douteuse.

» Je n'ai jamais cependant révoqué en doute l'existence d'une telle direction; je lui reprochais seulement, ce qui est très-différent, de varier, avec la valeur attribuée à une constante arbitraire k, de telle sorte qu'aucune hypothèse physique sur le mécanisme de l'induction ne résultât de la théorie, ou, ce qui revient au même, que cette hypothèse changeât complétement avec la valeur d'une constante indéterminée k. C'est là, comme je le disais (p. 970), un principe bien difficile à accepter. Les explications de M. Helmholtz ne le rendent en rien plus facile.

» Bien d'autres difficultés pourraient être produites, avais-je dit (*Comptes » rendus*, t. LXXIII, p. 970), qui, si je ne me trompe, sont tout aussi » graves : elles n'auraient d'utilité que si l'on trouvait à celles-ci une ré-

» ponse satisfaisante. » Après les explications précédentes, je ne crois pas utile de produire ici ces objections nouvelles. De savants compatriotes de M. Helmholtz en ont présenté quelques-unes. Je ne veux ni les examiner, ni discuter la réponse adressée par leur illustre adversaire; la première des deux objections sur laquelle cette Note donne de nouveaux développements me paraît en effet décisive.

» Puisque l'occasion s'en présente, j'ajouterai seulement que les formules empruntées à M. Kirchhoff dans la *Théorie de l'induction*, proposées par M. Helmholtz et étendues par lui à un cas pour lequel elles n'avaient pas été faites, ne sont pas même acceptables quand on les étudie dans le Mémoire original, en adoptant les hypothèses mêmes de M. Kirchhoff, qui sont elles-mêmes celles de M. Weber.

» Mais il s'agit ici d'une discussion nouvelle, dont l'importance exige une étude spéciale. J'aurai prochainement l'occasion d'y revenir. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ANALYSE. — *Extension de la méthode de Cauchy à l'étude des intégrales doubles, ou théorie des contours élémentaires dans l'espace.* Mémoire de **M. Max. Marie.** (Extrait par l'Auteur.)

(Commissaires précédemment nommés : MM. Bertrand, Bonnet, Puiseux.)

« *Des périodes engendrées dans des parcours finis.* — Les précautions que prend Cauchy, dans la théorie des intégrales simples, pour éviter de donner à la variable x celles de ses valeurs auxquelles correspondent des valeurs multiples de la fonction y, sont absolument vaines, parce que, dès qu'on a réglé la loi de progression de x par une relation $\varphi(\alpha, \beta) = 0$, il n'y a plus qu'une des variables α, β, α' et β' qui reste indépendante, α par exemple, et que, pour que les quatre parties de l'intégrale $\Sigma y\,dx$,

$$\sum \alpha' d\alpha, \quad -\sum \beta' \frac{d\beta}{d\alpha} d\alpha, \quad \sqrt{-1}\sum \alpha' \frac{d\beta}{d\alpha} d\alpha \quad \text{et} \quad \sqrt{-1}\sum \beta' d\alpha,$$

ne soient pas nulles, il faut bien que le parcours $\varphi(\alpha, \beta) = 0$ soit tel qu'en quelques-uns de ses points $\frac{d\alpha'}{d\alpha}$ et $\frac{d\beta'}{d\alpha}$, sans compter $\frac{d\beta}{d\alpha}$, prennent des valeurs infinies.

» De sorte que les précautions prises constituaient le moyen le plus direct de tripler la difficulté que l'on avait voulu éviter.

» Les passages de la fonction par des valeurs multiples finies n'ayant d'autre effet que de disposer cette fonction à prendre ultérieurement d'autres valeurs que celles par lesquelles elle avait déjà passé, il était absolument indifférent de faire prendre ces valeurs à la fonction, de manière à brusquer la conversion, ou de les contourner, pour produire successivement l'échange des valeurs de α' et de β' entre elles, échange qu'il fallait bien effectuer, de façon ou d'autre, pour que l'intégrale $\Sigma y\, dx$, relative au chemin $\varphi(\alpha, \beta) = 0$, ne fût pas nulle.

» Je devrais donc, peut-être, ne pas m'astreindre à suivre cette méthode; mais il s'agit ici de remplir un programme tracé à l'avance, et je m'y conformerai de point en point.

» Un système de solutions de l'équation $f(x, y, z) = 0$, auquel corresponde une valeur de $\Sigma z\, dx\, dy$, est caractérisé par deux équations

$$\varphi(\alpha, \beta, \alpha', \beta') = 0, \quad \varphi_1(\alpha, \beta, \alpha', \beta') = 0,$$

et par une condition aux limites $\lambda(\alpha, \beta) = 0$.

» Moyennant les deux conditions $\varphi = 0$ et $\varphi_1 = 0$, chacune des six variables α, β, α', β', α'', β'' devient une fonction déterminée de deux quelconques des autres, de sorte que les huit intégrales doubles

$$\Sigma \alpha'' d\alpha d\alpha', \quad \Sigma \alpha'' d\alpha d\beta, \quad \Sigma \alpha'' d\beta d\alpha', \quad \Sigma \alpha'' d\beta d\beta',$$
$$\Sigma \beta'' d\alpha d\alpha', \quad \Sigma \beta'' d\alpha d\beta, \quad \Sigma \beta'' d\beta d\alpha', \quad \Sigma \beta'' d\beta d\beta',$$

qui entrent dans la composition de $\Sigma z\, dx\, dy$, sont bien définies.

» Si l'on suppose qu'en vertu des équations $\varphi = 0$ et $\varphi_1 = 0$ les huit surfaces, dont les coordonnées seraient α, α' et α'', α, β' et α'',... β, β' et β'', se trouvent toutes fermées, en forme de sphéroïdes, le système de solutions considérées pourra être dit *fermé*. Nous ne considérerons désormais que des systèmes fermés de solutions.

» Si l'intégrale I que l'on veut obtenir se rapporte à tout le système considéré, et c'est ce que nous supposerons toujours dorénavant, la condition aux limites disparaîtra. Nous n'en parlerons donc plus.

» Les équations $f(x, y, z) = 0$ et $\frac{df}{dz} = 0$ pourront être, sans inconvénient, désignées sous le nom d'équations du contour apparent. Le système de ces équations équivaut à quatre équations entre α, β, α', β', α'', β''; si l'on y en ajoute une cinquième, $\mu(\alpha, \beta) = 0$, on aura une suite de solutions des équations du contour apparent. Cette suite sera dite *fermée* si la courbe, dont l'abscisse serait α et l'ordonnée l'une quelconque des cinq autres variables, est fermée.

» Nous dirons qu'une suite μ est enveloppée par un système (φ, φ_1), si ce système ne peut pas se réduire, par contraction, à une solution unique sans avoir momentanément compris les solutions formant la suite μ. La suite μ sera enveloppée deux, trois, etc., fois par le système (φ, φ_1), si ce système ne peut se réduire à rien, sans avoir contenu deux, trois, etc., fois les solutions composant la suite μ.

» Les équations $f=0$, $\varphi=0$, $\varphi_1=0$ n'admettant jamais, par hypothèse, aucune solution des équations du contour apparent, le système (φ, φ_1), ou bien n'enveloppera aucune de ces solutions, ou bien en enveloppera une suite fermée; car s'il n'enveloppait qu'une portion d'une suite μ, il comprendrait les extrémités de cette portion.

» Cela posé, il résulte de ce qui a été exposé au § II de la *Théorie élémentaire des intégrales doubles* que, si un système fermé (φ, φ_1) n'enveloppe aucune solution des équations du contour apparent, l'intégrale correspondante sera nulle; et que, si ce système enveloppe une suite fermée μ de solutions des équations du contour apparent, l'intégrale correspondante, qui en général ne sera pas nulle, n'éprouvera aucune variation lorsque le système (φ, φ_1) viendra à se modifier, sans toutefois cesser d'envelopper la suite μ et sans en envelopper de nouvelles. Les différentes valeurs constantes de l'intégrale, correspondant aux différents systèmes fermés de solutions que l'on pourra obtenir dans ces conditions, seront des périodes de l'intégrale.

» Occupons-nous d'abord de définir les suites fermées de solutions des équations du contour apparent qui seront à considérer. Si, entre les équations $f=0$ et $\frac{df}{dz}=0$, on élimine z, il restera une équation

$$F(x, y)=0,$$

qui sera proprement l'équation du contour apparent; et, si l'on considère une solution quelconque $x=a+b\sqrt{-1}$, $y=a'+b'\sqrt{-1}$ de cette équation, la valeur qu'il faudra y joindre pour z sera exclusivement la racine double de l'équation

$$f(a+b\sqrt{-1}, a'+b'\sqrt{-1}, z)=0.$$

Cette racine sera toujours supposée finie, puisque nous avons établi à part la théorie en ce qui concerne les solutions infinies, par rapport à z, des équations du contour apparent.

» Pour obtenir une suite fermée de solutions des équations du contour apparent, il suffira d'obtenir une suite fermée de solutions de l'équation

$F(x,y) = 0$, puisque z sera déterminé pour chaque système de valeurs de x et de y.

» Or les conditions dans lesquelles une suite de solutions d'une équation à deux variables $F(x, y) = 0$ peut se fermer ont fait l'objet, de la part de Cauchy, d'une étude spéciale dans les préliminaires de la *Théorie des intégrales simples*, et nous devons supposer connus les résultats de cette étude.

» Pour suivre l'illustre maître d'aussi près que possible, nous supposerons qu'une des suites que nous avons appelées μ soit définie par une équation $\mu(\alpha, \beta) = 0$, entre les parties réelle et imaginaire de x, y devant d'ailleurs être ensuite fourni par la relation

$$F(\alpha + \beta\sqrt{-1}, \alpha' + \beta'\sqrt{-1}) = 0,$$

et la valeur correspondante de z devant être la racine double de l'équation $f(x, y, z) = 0$.

» Cela étant, la suite μ sera fermée, d'abord si la courbe $\mu(\alpha, \beta) = 0$ n'enveloppe aucun des points critiques du lieu $F(x, y) = 0$, et nous démontrerons qu'alors l'intégrale double $\Sigma z dx dy$ sera identiquement nulle; elle le sera, en second lieu, si la courbe $\mu(\alpha, \beta) = 0$ enveloppe un nombre convenable de fois l'un des points critiques du lieu $F(x, y) = 0$, et nous démontrerons que dans ce cas l'intégrale double se réduirait au résidu relatif à ce point critique, c'est-à-dire à zéro, puisque le z de ce point sera supposé fini; enfin elle le sera si la courbe $\mu(\alpha, \beta) = 0$ enveloppe un nombre convenable de points critiques du lieu $F(x, y) = 0$, et chacun d'eux un nombre tel de fois que finalement y revienne à sa valeur initiale en même temps que x. Nous démontrerons que dans ce cas l'intégrale double aura une valeur finie, indépendante de la forme de la relation $\mu(\alpha, \beta) = 0$, pourvu que la courbe $\mu(\alpha, \beta) = 0$, en se déformant, ne cesse pas d'envelopper les mêmes points critiques du lieu $F(x, y) = 0$, et chacun le même nombre de fois; cette valeur constante de l'intégrale double sera une des périodes de l'intégrale indéfinie. »

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'action des conducteurs disposés symétriquement autour d'un électroscope.* Note de **M. Ch.-V. Zenger.** (Extrait.)

(Renvoi à la Commission des Paratonnerres.)

« On sait, depuis longtemps, que l'électricité statique se porte toujours à la surface des conducteurs.

» Il en résulte qu'on peut protéger des corps conducteurs ou isolants, en les recouvrant par un conducteur sur lequel s'accumule l'électricité, et qui doit être en contact, au moment du chargement, avec le corps intérieur. Or, en isolant les deux corps, il y aurait sans doute induction ; mais cette induction, dans le cas d'une boule, devient nulle, parce que les éléments électrisés de la boule extérieure et concentrique sont disposés symétriquement par rapport aux éléments superficiels de la boule intérieure. C'est pourquoi, par exemple, il n'y a pas de tension électrique dans l'expérience classique où l'on éloigne deux calottes hémisphériques de la boule intérieure qu'elles recouvraient. On voit aisément que les conditions dans lesquelles il n'y a pas de communication ni d'induction de l'électricité par un conducteur électrisé, sur un corps intérieur, conducteur ou non, sont : 1° que les deux corps soient en contact au moment du chargement; 2° que le conducteur extérieur soit disposé symétriquement autour du corps intérieur, pour le protéger contre l'induction électrique.

» On peut démontrer cette inertie électrique, dans les conditions indiquées, au moyen de l'appareil suivant, que j'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie et qui a été construit par M. Ruhmkorff. Au milieu d'un plateau circulaire de laiton, isolé par un pied de verre, se trouve un électroscope très-sensible à feuilles d'or, tout en verre, et se terminant par une boule de laiton sur laquelle sont fixés des fils de laiton de différentes formes, mais symétriques, de manière que, en faisant tourner ces fils recourbés, on obtiendrait un corps de révolution, par exemple une sphère, un paraboloïde, etc.; l'axe de rotation se trouve dans la direction des feuilles d'or de l'électroscope. En chargeant le fil symétrique qui entoure les feuilles et qui touche la boule de l'électroscope, et même en faisant jaillir des étincelles sur le fil, on n'obtient pas de trace d'électricité sur les feuilles d'or. Il se produit des actions symétriques et opposées sur les feuilles d'or, et la somme de ces actions est nulle.

» On prouve que cette inertie est due à l'accumulation de l'électricité à la surface, et à la symétrie du conducteur entourant l'électroscope, par les expériences suivantes :

» On prend un fil circulaire, on lui fait toucher la boule de l'électroscope et on charge la boule; on ne trouve pas d'action sur l'électroscope, même quand on fait passer le corps électrisé entre le conducteur et l'électroscope. On enlève le fil circulaire; il y a une action assez forte. On place le fil circulaire dans une position inclinée par rapport à l'électroscope : on donne, par exemple, une inclinaison de 60 degrés à son plan par rapport à la tige de

l'électroscope, puis la charge; il se produit une action assez vive, très-peu différente de celle qu'on obtient en l'enlevant entièrement. On établit, par un fil de laiton, une communication entre le fil circulaire et la boule de l'électroscope; il y a encore un chargement des feuilles d'or, mais beaucoup plus faible qu'auparavant, parce que l'on n'obtient ainsi que la différence des actions des éléments électriques du fil, dont la position symétrique par rapport à l'électroscope est plus ou moins altérée.

» Ces expériences peuvent se faire aussi avec deux fils circulaires ou paraboliques, dont les plans font un angle quelconque. On a toujours des actions symétriques et opposées, dont la résultante devient nulle.

» Ces expériences deviennent encore plus concluantes quand on dispose deux électroscopes sensibles, de manière que le plateau circulaire de l'électroscope, qui est tout en verre, soit muni d'un autre électroscope plus petit, en fil de laiton, qu'on peut fixer sur le plateau, symétriquement au petit électroscope supérieur. En faisant les expériences décrites plus haut, on voit les feuilles d'or de l'électroscope supérieur immobiles, tandis que la décharge électrique d'une tige de verre frottée fait déchirer les feuilles d'or de l'électroscope inférieur.

» Ces expériences curieuses pourront peut-être servir à indiquer la forme la plus convenable pour les conducteurs des paratonnerres. Il serait intéressant de faire des expériences sur un paratonnerre dont le conducteur serait un anneau symétrique, entourant la maison, passant par les quatre coins du toit, recouvrant les cheminées et se terminant au point le plus élevé par une bande non isolée de la maison.

» En faisant l'expérience avec les électroscopes, j'ai trouvé qu'on peut couper les fils de laiton sans inconvénient : il n'y a pas d'action si l'on ne détruit pas la symétrie. »

M. **Buss** adresse quelques nouveaux documents relatifs à son « Régulateur pour machines motrices ».

(Commissaires précédemment nommés : MM. Morin, Tresca.)

M. J. **Boué** adresse, par l'entremise de M. le Ministre de la Guerre, un projet d'aérostat militaire. Cette pièce est transmise à l'Académie par M. le Ministre de l'Instruction publique.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. H. **Georgé** adresse les dessins d'un projet de navigation aérienne.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. E. Guillier adresse, par l'entremise de M. le Ministre de l'Instruction publique, l'indication d'un remède qu'il propose contre le *Phylloxera*, et qui consiste dans un mélange de cendres de bois de vigne saine, de suie, de sable de rivière, d'eau de lessive, d'essence de térébenthine et d'ammoniaque.

M. Loarer (1) adresse, par l'entremise de M. le Ministre de l'Instruction publique, une Note relative à l'apparition, sur certaines plantes exotiques, d'insectes qui lui paraissent provenir du transport des œufs de *Phylloxera*.

M. Ajot propose l'emploi de l'urine contre le développement du *Phylloxera*.

Ces trois Communications seront soumises à l'examen de la Commission du *Phylloxera*.

CORRESPONDANCE.

M. le Ministre de l'Instruction publique autorise l'Académie à prélever, sur les reliquats disponibles des fonds Montyon, une somme qui doit recevoir l'emploi indiqué par elle.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Des « Recherches sur les outils en silex des Troglodytes et sur la manière dont ils les fabriquaient; par MM. *S. Bonfils* et *L. Smyers* »;

2° Une « Détermination télégraphique de la différence de longitude entre des stations suisses; par MM. *E. Plantamour* et *A. Hirsch* »;

3° Une brochure de M. *G. Susani,* intitulée : « Éducations par pontes isolées; étude bacologique »;

4° Une brochure de M. *A. Corradi*, imprimée en italien et intitulée : « Les manuscrits de Lazzaro Spallanzani, conservés à la Bibliothéque municipale de Reggio ».

---

(1) Le nom de cet auteur, mentionné inexactement *Louvet* aux *Comptes rendus* du 30 septembre (p. 772), à propos d'une proposition relative à l'emploi du sulfure d'arsenic contre le *Phylloxera*, avait été rectifié ensuite *Loaver* dans un *Errata* placé à la fin du numéro suivant (p. 845); c'est *Loarer* qu'il faut lire.

THERMODYNAMIQUE. — *Note sur la loi des tensions maxima des vapeurs*; *par* **M. F. Massieu.**

« Les diverses formules qui ont été proposées pour représenter la loi des tensions maxima des vapeurs sont en général purement empiriques. Il semble pourtant qu'il y aurait lieu de faire une exception à cet égard pour les formules proposées par Roche et quelques autres savants. M. Regnault, qui nous fournit cette remarque aux pages 585 et suivantes du premier volume des relations de ses mémorables expériences, ajoute que les spéculations qui ont pour but de trouver une expression rationnelle de la loi des tensions maxima ne doivent pas être dédaignées. Les idées théoriques de Roche et de ses continuateurs, Clapeyron, August, etc., seraient vraisemblablement, si nous les connaissions bien, reconnues aujourd'hui inadmissibles, puisqu'elles ont été émises à une époque où le principe de l'équivalence de la chaleur et du travail n'était pas établi.

» Une expression vraiment rationnelle de la loi des tensions maxima ne devra pas seulement être déterminée dans sa forme par des considérations théoriques; il sera nécessaire, ou au moins très-désirable, qu'elle se rattache, par une dépendance immédiate, aux lois qui expriment les autres propriétés de la substance, soit à l'état liquide, soit à l'état de vapeur.

» J'ai donné, dans le Mémoire qui doit paraître dans le tome XXII du *Recueil des Savants étrangers*, une solution complète de cette question, en montrant que la loi des tensions maxima peut s'exprimer au moyen des trois quantités suivantes : la chaleur spécifique c du liquide, sa chaleur d'évaporation r et la chaleur spécifique k de sa vapeur sous pression constante. J'ai obtenu ce résultat comme conséquence de mes études sur les *fonctions caractéristiques des fluides*; j'espère qu'on le trouvera digne de quelque intérêt, et que l'Académie voudra bien me permettre de lui en présenter dans cette Note une démonstration directe et tout élémentaire.

» Nous appellerons, suivant l'usage :

v le volume d'un poids déterminé, d'un kilogramme par exemple, d'un corps quelconque;

p la pression à laquelle ce corps est soumis;

t sa température centigrade, et $T = 273 + t$ sa température absolue;

U sa chaleur interne ou, comme on dit quelquefois, son *énergie interne;*

θ la température de saturation correspondant à la pression p, c'est-à-dire la température à laquelle la tension de la vapeur saturée du corps est

égale à p (p et θ sont fonctions l'une de l'autre, et nous cherchons précisément l'expression d'une de ces fonctions);

A l'inverse $\frac{1}{424}$ de l'équivalent mécanique de la chaleur ou, ce qui revient au même, l'équivalent calorifique d'un kilogrammètre.

» c, r et k conservent les significations indiquées précédemment. Remarquons toutefois que c et r sont des fonctions de p ou de θ seulement, tandis que k est une fonction des deux variables p et t, ou θ et t, qui déterminent en général l'état du corps.

» Pour modifier infiniment peu l'état de ce corps, il faut lui fournir une quantité de chaleur dQ qui, d'après le principe de l'équivalence, a pour valeur

$$dQ = dU + Ap\,dv. \tag{1}$$

» On sait en outre que, quand un corps, dans ses transformations successives, décrit un cycle reversible et fermé, en revenant finalement à son état initial, l'intégrale ou sommation $\int \frac{dQ}{T}$ appliquée au cycle entier est nulle.

» Prenons donc 1 kilogramme de liquide à la pression p_0 et à la température θ_0 correspondante, et faisons-lui subir les transformations suivantes (désignons par Θ la température absolue de saturation $273 + \theta$) :

» 1° Échauffons la substance, en la maintenant liquide, de θ_0 à θ, ce qui nous donnera, dans l'intégrale $\int \frac{dQ}{T}$, le terme $\int_{\theta_0}^{\theta} \frac{c\,dt}{\Theta}$;

» 2° Vaporisons entièrement le liquide à la température θ et sous la pression p correspondante, ce qui nous donnera le terme $\frac{r}{\Theta}$;

» 3° Surchauffons la vapeur, sous la même pression p, jusqu'à la température t, ce qui donnera le terme $\int_{\theta}^{t} \frac{k\,dt}{T}$, dans lequel k est une fonction de p et de t, ou de θ et de t;

» 4° Laissons la vapeur ainsi surchauffée se détendre, avec travail complet, à la température constante t, depuis la pression p jusqu'à la pression p_0. Il faudra lui fournir pour cela une certaine quantité Q de chaleur, ce qui donnera dans l'intégrale le terme $\frac{Q}{T}$;

» 5° Refroidissons la vapeur sous la pression p_0, maintenue constante, jusqu'à ce qu'elle atteigne la saturation et par conséquent la tempéra-

ture θ_0. Pour cela, il faudra lui enlever à chaque instant la quantité de chaleur $k\,dt$, ce qui nous donnera dans l'intégrale le terme $\int_t^{\theta_0} \frac{k\,dt}{T}$ ou $-\int_{\theta_0}^{t} \frac{k\,dt}{T}$, dans lequel k est une fonction de p_0 et de t, ou de θ_0 et de t;

» 6° Condensons complétement la vapeur sous la même pression p_0, ce qui exigera qu'on lui enlève la quantité de chaleur r_0 et fournira dans l'intégrale le terme $-\frac{r_0}{\Theta_0}$.

» Résumant tout ceci, nous aurons, puisque le corps est revenu à son état initial et que le cyle est formé,

$$\int \frac{dQ}{T} = \int_{\theta_0}^{\theta} \frac{c\,d\theta}{\Theta} + \frac{r}{\Theta} + \int_{\theta}^{t} \frac{k\,dt}{T} + \frac{Q}{T} - \int_{\theta_0}^{t} \frac{k\,dt}{T} - \frac{r_0}{\Theta_0} = 0,$$

d'où l'on tire

$$(2) \quad \frac{Q}{T} = -\left(\int_0^{\theta} \frac{c\,d\theta}{\Theta} + \frac{r}{\Theta} + \int_{\theta}^{t} \frac{k\,dt}{T}\right) + \left(\int_0^{\theta_0} \frac{c\,d\theta}{\Theta} + \frac{r_0}{\Theta_0} + \int_{\theta_0}^{t} \frac{k\,dt}{T}\right).$$

» Supposons maintenant que t soit très-grand, c'est-à-dire que la vapeur soit très-surchauffée; tout le monde admet que cette vapeur suivra alors les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, et que, R étant une constante facile à déduire de la densité théorique de la vapeur, on pourra écrire

$$(3) \qquad pv = RT.$$

» D'autre part, la quantité de chaleur Q, qu'il a fallu fournir à la vapeur pour la faire passer, à la température constante t, de la pression p à la pression p_0, est, d'après l'équation (1),

$$Q = U_0 - U + A\int_v^{v_0} p\,dv,$$

U_0 et v_0 désignant les valeurs de U et de v à la fin de la détente.

» Comme t n'a pas varié, $p\,dv$, d'après la relation (3), est égal à $-v\,dp$ ou à $-\frac{RT}{p}dp$; on a donc aussi

$$Q = U_0 - U - ART\int_p^{p_0} \frac{dp}{p},$$

ou encore

$$\frac{Q}{T} = -\frac{U - U_0}{T} + AR\int_{p_0}^{p} \frac{dp}{p} = -\frac{U - U_0}{T} + AR \log.\text{nép.}\frac{p}{p_0}.$$

» $U - U_0$ est la variation que subit la chaleur interne lorsque la vapeur passe, à la température invariable t, de la pression p_0 à la pression p; comme cette transformation est finie, quelque grand que soit t, $U - U_0$ est nécessairement aussi une quantité finie (j'ai même montré que cette quantité est nulle, dès qu'on suppose que la vapeur est assez surchauffée pour suivre les lois de Mariotte et de Gay-Lussac, mais cela importe peu ici). Par suite, quand on fait t de plus en plus grand, $\frac{U - U_0}{T}$ tend vers zéro, en sorte qu'on peut écrire à la limite

$$\frac{Q}{T} = \text{AR} \log. \text{nép.} \frac{p_0}{p}.$$

» Portons cette valeur de $\frac{Q}{T}$ dans la relation (2), et nous aurons

$$(4) \quad \text{AR} \log. \text{nép.} \frac{p}{p_0} = -\left(\int_0^\theta \frac{c\,d\theta}{\Theta} + \frac{r}{\Theta} + \int_\theta^t \frac{k\,dt}{T}\right) + \left(\int_0^{\theta_0} \frac{c\,d\theta}{\Theta} + \frac{r_0}{\Theta_0} + \int_{\theta_0}^t \frac{k\,dt}{T}\right).$$

» D'après ce que nous avons vu, il faut supposer que, dans le second membre de cette équation, t croît au delà de toute limite; les deux parenthèses pourront devenir infinies, mais leur différence restera finie. En opérant les réductions qui se présenteront, avant de faire t infini, on évitera toute ambiguïté; alors le second membre de l'équation (4) ne sera plus fonction que des températures de saturation θ_0 et θ; cette équation exprimera donc la loi des tensions maxima. Cette loi n'est donc pas une loi isolée; elle dépend au contraire directement des autres propriétés des substances, et elle s'exprime au moyen des trois coefficients c, r et k, qui représentent les quantités de chaleur nécessaires pour opérer dans ces substances des modifications déterminées de leur état.

» Il est quelquefois plus avantageux d'employer la relation (4) sous la forme différentielle; si l'on attribue à p_0 et par suite à θ_0 des valeurs déterminées, et si l'on suppose que t reste constant, la seconde parenthèse du second membre de l'équation (4) aura une valeur invariable; alors, en différentiant cette équation par rapport à θ, et en remplaçant ensuite t par l'infini dans la limite d'intégration, on aura

$$(5) \qquad \text{AR} \frac{dp}{p\,d\theta} = -\left[\frac{c}{\Theta} = -\frac{d}{d\theta}\left(\frac{r}{\Theta}\right) + \frac{d}{d\theta}\int_\theta^\infty \frac{k\,dt}{T}\right].$$

» Enfin, si l'on désigne par k_0 la valeur que prend k lorsque la vapeur est saturée, et que, par suite, t est égal à θ, k_0 sera une simple fonction

de θ, et la relation (5) pourra s'écrire

$$\mathrm{AR}\,\frac{dp}{p\,d\theta} = -\left[\frac{c-k_0}{\Theta} + \frac{d}{d\theta}\left(\frac{r}{\Theta}\right) + \int_\theta^\infty \frac{dk}{d\theta}\,\frac{dt}{\mathrm{T}}\right]. \text{ »}$$

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'action du poussier de charbon tassé autour des électrodes négatives dans les piles à charbon.* Note de **M. Th. du Moncel.**

« Il y a une douzaine d'années environ, le docteur Reinch avait eu l'idée, dans sa pile à eau régale, d'entourer l'électrode de charbon de poudre grossière de charbon concassé, de manière à former autour d'elle comme un filtre conducteur qui, selon lui, devait augmenter la puissance de la pile, surtout si l'on avait soin de la débarrasser par le tamisage de la poussière fine produite par le concassage du charbon. Cette disposition a été depuis appliquée en France, par M. Fortin en 1865, par M. Leclanché en 1866 et par M. Chutaux en 1870, dans les différentes piles qu'ils avaient combinées, et toujours ils en ont obtenu d'excellents résultats. On pourra se faire une idée des avantages que ce système d'électrode peut fournir, par la valeur de la force électromotrice de la pile au bichromate de potasse, qui, avec la disposition de M. Chutaux, est représentée par 1,955 (la force électromotrice de l'élément Daniell étant 1), alors qu'elle atteint à peine 1,86 avec la disposition ordinaire à électrodes simples. J'ai voulu me rendre compte des causes qui pouvaient intervenir dans ce résultat avantageux, et j'ai entrepris à cet égard une série d'expériences dont je vais rendre compte, mais qui m'ont démontré que l'action du charbon concassé entourant l'électrode négative des piles à charbon est exactement la même que celle qui est produite par le platinisage du platine dans la pile de Smée, c'est-à-dire qu'elle a pour effet d'augmenter, dans une assez grande proportion, la polarité électronégative de ce corps, ou sa polarité positive par rapport au circuit extérieur.

» Pour ces expériences, j'ai dû avoir recours à un galvanomètre excessivement sensible, ayant 30 000 spires. Grâce à lui, j'ai pu constater que le charbon de cornue peut, sous certaines conditions, développer une force électromotrice qui n'existe pas au même degré pour tous les charbons, mais qui varie peu pour un charbon donné, quand on ne change pas ses conditions physiques. En conséquence, j'ai commencé mes expériences par ranger les différents charbons que j'avais à ma disposition d'après leur pouvoir électromoteur. J'ai broyé deux des charbons les plus électropositifs et deux des charbons les plus électronégatifs, et, en y mêlant de l'eau,

j'en ai fait deux mixtures destinées à entourer alternativement les deux charbons servant d'électrodes. J'avais choisi ces charbons les moins différents possible quant à leur polarité électrique; mais, avant de faire l'expérience, j'ai voulu encore constater la polarité relative des deux mixtures, en plaçant l'une dans un vase poreux, l'autre autour de ce vase. J'ai pu reconnaître que la mixture faite avec les charbons positifs avait conservé une polarité positive assez prononcée pour donner lieu avec la mixture négative à une déviation de 83 degrés.

» Quand les deux charbons servant d'électrodes ont été plongés dans l'eau une première fois, la direction du courant différentiel qui en résultait était de 25 à 30 degrés, et elle décelait une polarité positive pour le charbon que nous appellerons A. L'autre charbon, que nous appellerons B, avait donc, par rapport à A, une polarité négative. Cette constatation faite, j'ai laissé le charbon B dans l'eau, et j'ai introduit, au milieu de la mixture positive occupant le fond du vase poreux, le charbon positif A; puis, le vase poreux a été trempé dans l'eau. Une déviation considérable, annonçant un changement de polarité des deux électrodes, s'est immédiatement produite, et la déviation dans ce sens, qui était la gauche du galvanomètre, a pu se maintenir quelques instants à 72 degrés; mais elle n'a pas tardé à descendre successivement, et à changer de côté au bout d'un quart d'heure. Elle a alors monté du côté droit, lentement, mais successivement, et au bout d'une heure un quart elle avait atteint 84 degrés. Conséquemment la mixture avait eu pour effet *de renverser au premier moment la polarité positive de l'électrode A, et de la renforcer plus tard, dans une proportion considérable et d'une manière continue.*

» Après cette première expérience, j'ai retiré l'électrode A de la mixture, je l'ai lavée avec soin, et je l'ai replacée dans l'eau en face de l'électrode B. J'ai obtenu un courant plus fort que dans la première expérience : ce courant montrait que le charbon A avait gagné dans le sens de la polarité positive, car, au lieu d'une déviation de 30 degrés, il en fournissait une de 51 degrés, qui a même été portée à 55 degrés au bout d'une heure un quart.

» Pour que cette expérience fût complète, il fallait en faire la contre-partie, c'est-à-dire placer dans la mixture le charbon B qui était négatif, au lieu et place de l'électrode A. Cette expérience montra, comme la première, la présence d'un premier courant, qui se produisit dans le sens de la polarité négative de B, et qui l'exagéra au point de fournir une déviation de 85 degrés à droite; mais, comme précédemment, ce courant diminua successivement d'énergie, et au bout d'un quart d'heure il annonçait une

inversion de polarité. Après une heure un quart, la déviation dans le sens positif atteignait le chiffre de 73 degrés. Sous l'influence de la mixture, le charbon B avait donc eu sa polarité renversée, et cette nouvelle polarité qu'il avait acquise était si tenace que, en retirant le charbon de la mixture et en l'immergeant dans l'eau après l'avoir essuyé, on a obtenu un courant presque aussi énergique que quand il était dans la mixture et dans le même sens. Il est vrai qu'au bout de vingt minutes cette polarité d'emprunt a disparu à son tour, pour donner lieu, après une heure un quart, à une déviation de 49 degrés dans le sens normal.

» Après m'être ainsi assuré de l'effet de la mixture positive sur les deux électrodes que j'expérimentais, j'ai voulu examiner l'effet de la mixture négative. J'ai, en conséquence, répété avec cette dernière les expériences faites avec la première. Les effets ont été exactement les mêmes, mais moins intenses. Ainsi la déviation produite par l'électrode A sous l'influence de la mixture, au lieu d'atteindre 84 degrés dans le sens positif, comme dans la première expérience, n'atteignait que 80°,5 au bout d'une heure un quart, après avoir atteint 80 degrés dans le sens opposé. La déviation positive produite par l'électrode B sous l'influence de la même mixture, au lieu d'atteindre 73 degrés au bout d'une heure un quart, n'avait atteint que 55°,5, après avoir marqué 70 degrés dans l'autre sens.

» Il résulte clairement de ces expériences que la mixture de charbon, tassée autour d'une électrode de la même matière, a pour effet au début de rendre négatif le charbon s'il est positif, ou d'augmenter la polarité négative s'il la possède déjà; mais, au bout d'un quart d'heure environ, cet effet fait place à un autre qui se produit en sens contraire, et alors le charbon devient fortement positif s'il est négatif, ou encore plus positif s'il a déjà cette polarité; et par le mot *polarité positive* nous entendons ici celle qui fournit au circuit extérieur l'électricité positive. Cet effet est général, quelle que d'ailleurs la polarité de la mixture, et se conserve momentanément après même que cette mixture n'entoure plus le charbon. On comprend facilement, d'après cela, pourquoi les piles dont le charbon est entouré de poussier de la même matière ont une force électromotrice supérieure.

» Suivant M. Leclanché, l'effet plus avantageux de la poudre *grossière* de charbon tiendrait à ce que, le charbon pulvérisé finement opposant une résistance beaucoup plus grande à la transmission du courant que la poudre grossière, les effets de la polarisation avec la poudre fine se porteraient plutôt sur la lame de charbon que sur la poussière charbonnée,

tandis que l'inverse aurait lieu avec la poudre grossière. Ce qui serait certain, d'après M. Leclanché, c'est que les effets de polarisation au bout d'un quart d'heure seraient plus grands avec la poudre fine qu'avec la poudre grossière, dans le rapport de 0,300 à 0,082. Il est possible aussi qu'une partie des avantages que nous avons cités tiennent à ce que la mixture charbonnée, en constituant autour de la lame de charbon une grande surface conductrice, diminue par cela même la résistance de la pile et les effets de sa polarisation. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur un nouveau procédé de dosage de l'oxygène libre.* Note de **MM. Schützenberger** et **Gérardin**, présentée par M. H. Sainte-Claire Deville.

« Une des propriétés les plus intéressantes de l'hydrosulfite de soude, découvert et étudié par l'un de nous, est la rapidité avec laquelle il absorbe l'oxygène. Aussi peut-on l'employer avec avantage, comme l'a déjà fait remarquer M. Schützenberger, pour absorber l'oxygène d'un mélange gazeux. Il ne salit pas les éprouvettes, comme le pyrogallate de potasse et agit plus énergiquement. La solution absorbante s'obtient facilement en remplissant de bisulfite de soude à 20 degrés de l'aréomètre Baumé un flacon de 100 grammes environ, contenant des copeaux de zinc et en laissant réagir, à l'abri de l'air, pendant 20 à 25 minutes. Il est inutile de purifier l'hydrosulfite en le précipitant par l'alcool.

» En raison de ses propriétés, l'hydrosulfite de soude peut servir à doser, avec beaucoup de rapidité et une exactitude suffisante, l'oxygène dissous dans l'eau, par la méthode des liqueurs titrées. Le nouveau procédé que nous proposons est fondé sur les réactions suivantes :

» L'hydrosulfite de soude S^2O^2NaOHO, ou $\bar{S}Na\bar{O}H\bar{O}$ (nouvelle notation), ne diffère du bisulfite de soude que par 2 équivalents ou 1 atome d'oxygène. En présence de l'oxygène libre, il absorbe ce corps instantanément et se change en bisulfite $S^2O^2NaOHO + O^2 = S^2O^4NaOHO$, ou $\bar{S}Na\bar{O}H\bar{O} + \bar{O} = \bar{S}\bar{O}Na\bar{O}H\bar{O}$. D'un autre côté, il existe des matières colorantes, telles que le bleu d'aniline soluble de M. Coupier, qui sont instantanément décolorées par l'hydrosulfite de soude et qui résistent à l'action du bisulfite.

» Cela posé, si à un volume déterminé d'eau (1 litre par exemple), bien purgé d'air et légèrement teinté au moyen du bleu Coupier, on ajoute, en évitant l'accès de l'air, de l'hydrosulfite de soude, on observe que quelques

gouttes suffisent pour amener la décoloration. Si, au contraire, l'eau est aérée, la décoloration ne se produit que lorsqu'on a ajouté assez d'hydrosulfite pour absorber l'oxygène dissous.

» Le volume du réactif nécessaire est proportionnel à la quantité d'oxygène dissous dans l'eau ; et il suffit, pour rendre le procédé sensible, d'employer un hydrosulfite assez étendu pour que 10 centimètres cubes, par exemple, correspondent à peu près à 1 centimètre cube d'oxygène. Si le réactif était susceptible de se conserver, il ne resterait plus qu'à déterminer, une fois pour toutes et directement, le volume d'oxygène que peut absorber un volume connu de la liqueur; mais, en raison même de sa grande altérabilité à l'air, il est nécessaire de titrer la liqueur au moment de s'en servir. On y arrive facilement de la manière suivante. D'après les observations de MM. Schützenberger et de Lalande, l'hydrosulfite décolore une solution ammoniacale de sulfate de cuivre, en ramenant l'oxyde cuivrique à l'état d'oxyde cuivreux; le sulfite et le bisulfite sont sans action tant qu'il reste un excès d'ammoniaque.

» On prépare donc une solution de sulfate de cuivre fortement ammoniacale, contenant une quantité de cuivre telle que 10 centimètres cubes de cette liqueur correspondent, au point de vue de l'action sur l'hydrosulfite, à 1 centimètre cube d'oxygène. Le calcul par équivalents fournit le nombre que l'expérience directe a vérifié.

» Voici comment on opère. Une demi-heure avant le dosage, on remplit aux trois quarts, avec de l'eau ordinaire, un flacon de 60 à 100 grammes contenant une spirale formée avec une feuille de zinc et quelques morceaux de grenaille de zinc; on ajoute 10 centimètres cubes d'une solution de bisulfite à 20 degrés Baumé, on achève de remplir avec de l'eau, et l'on bouche avec un bouchon en caoutchouc, en agitant plusieurs fois. Au bout de vingt à vingt-cinq minutes, le réactif est prêt.

» D'une part, on verse dans une petite éprouvette à pied 20 centimètres cubes de solution de cuivre, que l'on recouvre d'une couche d'huile; d'autre part, dans un bocal à large ouverture, on introduit 1 litre de l'eau à essayer, et l'on couvre également d'une couche d'huile, après avoir teinté en bleu très-clair, au moyen de quelques gouttes de solution de bleu Coupier. On puise l'hydrosulfite dans une pipette de 50 à 60 centimètres cubes, divisée en dixièmes. On laisse couler peu à peu le réactif dans le sulfate de cuivre ammoniacal, en agitant légèrement avec une baguette, jusqu'à décoloration; puis, avec la même pipette, on laisse couler l'hydrosulfite dans l'eau à essayer, jusqu'à décoloration. On a soin de maintenir

le bout inférieur de la pipette au-dessous de la couche d'huile pendant ces deux opérations.

» Supposons que l'on ait employé pour décolorer les 20 centimètres cubes de sulfate de cuivre ammoniacal $17^{cc},5$ d'hydrosulfite; nous savons que ces $20^{cc},5$ correspondent à 2 centimètres cubes d'oxygène. Si, d'autre part, le litre d'eau a exigé $36^{cc},4$, on posera la proportion

$$17,5 : 2 :: 36,4 : x = \frac{36,4 \times 2}{17,5} = 4^{cc},16$$

d'oxygène dissous dans 1 litre d'eau. Il reste une petite correction, relative à l'hydrosulfite nécessaire pour décolorer le bleu employé, mais cette dose peut se déterminer très-approximativement une fois pour toutes.

» Ces expériences, une fois qu'on en a l'habitude, se font bien rapidement et avec une exactitude suffisante; elles n'exigent qu'un outillage très-portatif, et peuvent s'exécuter sur place, à la campagne, dans un bateau, partout enfin où l'on a intérêt à rechercher la richesse de l'eau en oxygène dissous.

» M. Gérardin a déjà commencé, par ce procédé, une série de recherches destinées à compléter le grand travail qu'il a entrepris sur l'insalubrité et l'assainissement des eaux en général. »

CHIMIE. — *Sur les substances antifermentescibles.* Note de **M. A. Petit**.

« L'importance, au point de vue médical, des récentes Communications de M. Dumas et de MM. Rabuteau et Papillon, sur le borate de soude et le silicate de soude, m'a engagé à répéter leurs expériences, mais en me plaçant dans des conditions particulières, qui me permettront, je l'espère, d'établir une échelle graduée des substances antifermentescibles, fondée sur de très-nombreuses expériences, qui datent de plusieurs années.

» Les liquides sur lesquels j'opère contiennent 50 grammes de sucre de canne par litre, et la quantité de ferment ($0^{gr},50$ de levûre de Hollande pour 10 centimètres cubes) est suffisante pour établir, en quelques minutes, une fermentation régulière. C'est à ce mélange que j'ajoute les sels, pour étudier leur action sur la fermentation.

» En opérant dans ces conditions, le silicate et surtout le borate de soude ne m'ont pas paru doués de propriétés antifermentescibles particulières. Avec une solution à 1 pour 100 de silicate de soude, le liquide s'est coloré en jaune par suite de l'action sur la levûre de l'alcalinité du silicate. Il a fallu une heure pour que la fermentation s'établît; mais, une

fois commencée, elle a été rapide et très-régulière. Quant à la solution à 1 pour 100 de borate de soude, elle a fermenté aussi rapidement que la liqueur sucrée non additionnée.

» La solution de sulfate de protoxyde de fer à 1 pour 100 a fermenté lentement, mais régulièrement. La solution à 1 pour 100 de sulfate de cuivre a commencé à fermenter, mais la fermentation s'est arrêtée.

» Dans les mêmes conditions d'expériences, le phosphore, l'essence de térébenthine à 1 pour 100, la créosote à faible dose, la poudre de moutarde à 1 pour 100, les acides tartrique et sulfurique à 1 pour 100 n'ont nullement entravé la fermentation.

» L'acide arsénieux en solution à $\frac{1}{100}$ ralentit la fermentation, qui cependant continue très-régulière.

» L'acide oxalique à $\frac{1}{300}$ la ralentit très-notablement.

» A dose égale, l'acide acétique m'a paru plus antifermentescible que les acides minéraux.

» J'ai fait entièrement fermenter un liquide alcoolique à 25 pour 100 et une solution contenant 5 pour 100 de glycérine et 1 pour 100 d'acide succinique.

» Les corps qui m'ont paru les plus antifermentescibles sont le bichlorure de mercure et surtout le bioxyde de mercure. Une solution à 1 pour 100 de sublimé, agitée avec la levûre, ne donne plus de précipité par l'hydrogène sulfuré; ce métal s'est combiné avec l'albumine. L'oxyde de mercure à dose moindre est doué d'une action encore plus énergique. Dans un tube en pleine fermentation, il suffit d'introduire $\frac{1}{2}$ pour 100 d'oxyde jaune, pour la voir s'arrêter instantanément.

» Les sulfites n'empêchent pas la fermentation; ils sont transformés en sulfates. J'ai préparé une solution contenant 1 pour 100 de sulfite de soude, 5 pour 100 de sucre de canne et 2 pour 100 de levûre de Hollande: voici les résultats que j'ai obtenus en dosant les sulfites par une liqueur iodée en présence de l'empois d'amidon; la fermentation avait lieu dans un flacon hermétiquement bouché, et le tube de dégagement plongeait dans l'eau :

10 centimètres cubes exigent avant la fermentation		$16^{cc},4$ liq. iodée.
10 » »	après décomposition de $\frac{1}{7}$ du sucre	6 »
10 » »	» $\frac{2}{3}$ »	2 »

» On voit que la transformation des sulfites en sulfates ne se fait pas avant la fermentation, mais pendant, et d'une manière progressive.

» Je me réserve de donner ultérieurement tous les détails de ces expériences, ainsi que de celles qui m'ont permis de formuler les considérations théoriques sur la fermentation contenues dans mon travail intitulé : *Théorie nouvelle de la fermentation alcoolique* (1). »

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Dumas.

PHYSIOLOGIE. — *Des allures du cheval, étudiées par la méthode graphique.* Note de **M. E.-J. Marey.**

« En cherchant à étendre de plus en plus les applications de la méthode graphique et des appareils enregistreurs à la Physiologie, j'ai pensé que l'étude des mouvements si rapides et si variés de la locomotion pouvait en tirer grand profit. Un de mes élèves, M. G. Carlet, a publié une analyse détaillée des différents mouvements qui se produisent pendant la marche de l'homme. J'ai entrepris, de mon côté, d'analyser les divers types de la locomotion chez l'homme et chez quelques espèces animales.

» Les allures du cheval m'ont paru tout particulièrement intéressantes à étudier par la méthode graphique. Le désaccord qui règne entre les divers auteurs relativement à la succession de mouvements qui caractérisent ces allures s'explique par l'insuffisance des sens pour suivre des mouvements si rapides et si complexes. D'autre part, la défectuosité du langage ordinaire pour exprimer ces actes successifs rend souvent très-obscures les définitions qui ont été fournies par les différents auteurs.

» Ce n'est pas qu'on n'ait essayé bien des fois de surmonter les difficultés de ce double problème. Certains auteurs, sachant que l'oreille est plus apte que l'œil à saisir les intervalles de temps, ont transformé en sensations auditives les mouvements qui échappaient à l'œil. C'est ainsi que, attachant aux pieds d'un cheval des grelots de différentes tonalités, de Curnieu a obtenu des sons distincts, rhythmés de façons variées suivant les allures de l'animal.

» D'autre part, au siècle dernier, Vincent et Goiffon avaient traduit par une sorte de notation musicale les périodes d'appui et de lever des quatre membres du cheval, avec la succession et la durée que ces actes leur semblaient avoir aux différentes allures.

» Les appareils enregistreurs peuvent fournir directement l'expression de ces mouvements, sans laisser place à l'illusion des sens; on peut même

---

(1) *Comptes rendus*, juillet 1871.

dire que ces appareils sont seuls capables de fournir l'analyse complète de mouvements très-compliqués. On ne demandera pas à un observateur de suivre des yeux et de décrire par le langage ordinaire les mouvements des doigts d'un pianiste sur le clavier, mais on pourrait assurément obtenir l'indication de ces mouvements avec un appareil enregistreur.

» Les indications que je demandais à mes instruments étaient les suivantes : d'une part, le rhythme des appuis de chacun des membres, leurs durées et leurs intensités relatives; d'autre part, les réactions qu'éprouve le corps de l'animal, dans leurs rapports avec les mouvements des membres.

» Pour explorer la pression des pieds sur le sol, j'ai recouru à des ampoules de caoutchouc maintenues sous le sabot et transmettant, chacune par un tube spécial, à un style enregistreur, l'expression de la force avec laquelle elle était comprimée.

» Les réactions qui consistent en oscillations du corps dans un plan vertical étaient recueillies, à la croupe et au garrot, par des appareils analogues à ceux qui m'ont servi autrefois à déterminer les oscillations que l'oiseau exécute en volant. Ces réactions s'écrivaient par deux styles spéciaux à côté des indications des battues des pieds.

» Enfin, comme les explorateurs placés sous le sabot se détruisaient très-vite quand ils ne posaient plus sur le sol artificiel d'un manége, il a fallu les remplacer, dans les expériences faites sur les routes ou sur le pavé, par des appareils que je ne puis décrire dans cette courte Note.

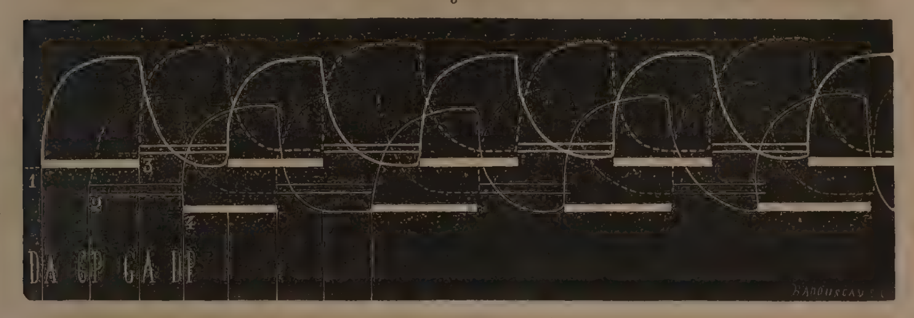
» *Expériences sur l'allure du pas.* — Le cheval, muni seulement des instruments qui signalent les appuis des pieds, fut mis à l'allure du pas et fit ainsi plusieurs tours de manége. L'animal était monté par M. Pellier, qui tenait d'une main l'appareil enregistreur, et de l'autre, avec les rênes, la boule de caoutchouc dont la compression devait faire fonctionner l'instrument. Quand la marche de l'animal parut bien régulièrement établie, on recueillit le tracé suivant (*fig.* 1) :

» Cette figure, qui, à première vue, semble assez compliquée, est en somme d'une analyse facile. Quatre courbes la composent; or chacune de ces courbes exprime les mouvements d'un des pieds du cheval, et se distingue des autres par la nature du trait qui la forme et par la hauteur à laquelle elle est écrite.

» Pour suivre la série des actes qui se produisent, prenons pour début un acte quelconque : la battue du pied *antérieur droit*, par exemple. Cet acte se traduit en 1 par un soulèvement de la courbe qui exprime que le

pied droit antérieur touche le sol; puis qu'il le comprime avec une force de plus en plus grande pendant un certain temps; enfin qu'il quitte le sol, ce qui se traduit par un abaissement de la courbe, et ainsi de suite jusqu'à la fin. De même on trouve en 2 la première battue du pied *gauche postérieur*, en 3 celle du *gauche antérieur*, enfin en 4 celle du *droit postérieur*.

Fig. 1.



» Des lignes verticales DA, GP, GA, DP, abaissées du début de chacune de ces battues, montrent, par leur équidistance, que ces actes se suivent à des intervalles de temps sensiblement égaux.

» Pour permettre d'apprécier la durée de l'appui de chaque membre, on a sous-tendu la partie de la courbe qui correspond à cet appui par un trait horizontal, épais pour les appuis des pieds droits, tandis qu'il est formé, pour les pieds gauches, d'une double ligne. Ces traits horizontaux, qui commencent au moment de la battue et finissent à celui du lever, constituent, dans leur ensemble, une notation qui suffit à elle seule pour révéler les caractères rhythmiques d'une allure quelconque.

» Cette notation, très-facile à construire sur les courbes données par l'instrument, remplacera avantageusement les courbes originales quand il s'agira d'analyser une allure, de suivre ses transformations graduelles ou de comparer entre elles deux allures différentes. On y voit nettement tout ce que les différents auteurs ont signalé, à savoir :

» 1° Que les pieds de devant alternent entre eux dans leur action, c'est-à-dire que l'un ne prend terre qu'à l'instant où l'autre s'enlève. Il en est de même des pieds postérieurs;

» 2° Que les quatre battues sont sensiblement équivalentes, ainsi que nous l'avons dit plus haut;

» 3° Que si, d'après l'ingénieuse comparaison de Dugès, on considérait le quadrupède en marche comme représentant deux bipèdes (deux hommes,

par exemple), marchant l'un derrière l'autre, l'allure du *pas* serait caractérisée en ceci : que le marcheur d'arrière exécuterait ses mouvements un peu plus tôt que celui d'avant;

» 4° Que, dans cette hypothèse, le pas devrait être considéré, pour la régularité du phénomène, comme s'étendant d'un acte quelconque au retour du même acte ; il correspondrait donc en *durée* à *deux appuis*, et pourrait se diviser en *quatre temps* signalés par les quatre battues et séparés l'un de l'autre par la durée d'un demi-appui;

» 5° Que le corps ne repose jamais que sur deux pieds à la fois. Car la notation ne présente jamais superposés l'un à l'autre que les appuis de deux pieds;

» 6° Que si l'on estime, à la manière de Vincent et Goiffon, les temps pendant lesquels le corps repose sur deux membres d'un même côté (bipède latéral), et ceux pendant lesquels il repose sur deux pieds de côtés différents (bipède diagonal), on voit que ces temps sont égaux;

Fig. 2.

Fig. 3.

» 7° Que les appuis du corps changent quatre fois pendant la durée d'un pas et se font dans l'ordre suivant : 1° bipède latéral droit; 2° bipède diagonal droit; 3° bipède latéral gauche; 4° bipède diagonal gauche. (Les bipèdes diagonaux sont nommés droits ou gauches d'après le pied antérieur qui en fait partie.)

» Ces conclusions sont conformes à l'opinion la plus générale des auteurs; elles correspondent à la théorie du pas donnée par Vincent et Goiffon, Solleysel, Bouley, Colin, etc. Mais d'autres auteurs ont admis, comme type idéal du pas, des successions de mouvements un peu différentes. Ainsi, d'après Lecoq, le corps reposerait plus longtemps sur les bipèdes diagonaux que sur les bipèdes latéraux. Pour Raabe, ce serait l'inverse.

» Ces différentes variétés de pas s'observent assez souvent; ainsi la notation *fig.* 2 montre un type du pas tel que l'admet Raabe. On trouve, au contraire, la prédominance des appuis diagonaux dans le passage du pas au trot représenté par la notation *fig.* 3, où les appuis diagonaux prédominent de plus en plus pour exister seuls quand le trot est établi.

» Dans une prochaine Communication, j'exposerai le résultat de mes expériences sur les autres allures du cheval. »

ZOOTECHNIE. — *Recherches sur la toison des mérinos précoces.* Note de **M. A. Sanson**, présentée par M. Bouley.

« Il est admis généralement, par suite de raisonnements *à priori*, que l'absence des plis de la peau, chez les mérinos précoces, a dû nécessairement diminuer l'étendue des surfaces couvertes de laine, et que la hâtivité de la croissance, due à l'abondance et aux propriétés spéciales de la nourriture, n'a pu manquer de grossir les brins de cette même laine. Je me suis proposé de vérifier scientifiquement ces deux inductions. Mes recherches ont porté sur vingt-deux échantillons recueillis dans une excursion faite avec les élèves de l'école de Grignon, du 23 mai au 3 juin 1872, et elles ont été comparatives. Leurs détails et les discussions qu'ils comportent sont l'objet d'un Mémoire complet, qui sera publié ultérieurement. En attendant, je demande la permission d'en exposer, dans la présente Note, les principaux résultats et les conclusions, qui me paraissent aussi intéressants pour la science abstraite que pour la pratique de l'économie du bétail. Ces résultats sont consignés dans le tableau suivant, dont la forme synoptique en facilitera la comparaison. Les chiffres placés en avant d'une accolade, dans la colonne des diamètres, indiquent les six diamètres apparents, pris au micromètre oculaire de Nachet, qui ont servi pour calculer le diamètre réel moyen.

» D'après les faits que contient ce tableau et les renseignements économiques que je néglige de résumer ici pour abréger, on peut considérer comme démontrées les propositions que je vais maintenant formuler :

» 1° Le développement précoce des moutons mérinos, ayant pour effet de porter leur aptitude à produire de la viande au plus haut degré qu'elle puisse atteindre chez les moutons, n'exerce aucune influence sur la finesse du brin de leur laine. Celui-ci conserve le diamètre qu'il aurait eu dans le cas où il se serait développé dans les conditions normales, en raison de ce que ce diamètre dépend d'une aptitude individuelle et héréditaire.

NUMÉRO de l'échantillon.	NOM DU PROPRIÉTAIRE DU TROUPEAU.	ESPÈCE DU MOUTON.	NUANCE DU SUINT.	POIDS DE L'ÉCHANTILLON en suint.			LONGUEUR en millimèt. de la mèche.		DIAMÈTRE moyen du brin en centièmes de millimètre.	RÉSISTANCE du brin à la traction.	OBSERVATIONS.
				en suint.	après lavage à l'eau.	après désuintage.	de la mèche.	du brin étendu.			
				gr	gr	gr					
1	M. Ricois, à Malinville (Eure-et-Loir)........	Agneau dishley-mérinos........	Blanc vitreux......	0,37	0,24	0,22	40	45	2,5	Faible....	Mèche pointue.
2		Id.	Id.	0,22	0,16	0,15	48	50	2,6	Id.	Id.
3		Brebis mérinos, commune......	Jaune sale........	0,82	0,43	0,40	50	53	2,6	Assez forte.	Mèche irrégulière.
4	M. Roger, à Thierville (Eure-et-Loir).......	Brebis mérinos, précoce........	Jaune d'ocre.... .	0,75	0,39	0,35	60	94	2,3	Forte....	Mèche carrée, très-régulière.
5	Id.	Bélier mérinos, précoce. 3 ans.. .	Id.	1,72	0,98	0,89	85	100	2,6	Id.	Id.
6	M. le marquis d'Argent, à Bouville (Eure-et-Loir).	Bélier dishley-mérinos.........	Blanc vitreux.....	0,52	0,33	0,32	100	127	3, 4, 4, 6, 5, 6 } 2,83	Très-faible.	Mèche pointue, brins irréguliers.
7		Agneau dishley-mérinos........	Jaune pâle.......	0,12	0,05	0,04	60	77	2,00	Assez forte.	Mèche un peu pointue.
8		Brebis dishley-mérinos.........	Jaune citrin......	0,59	0,27	0,27	70	111	2,33	Forte....	Mèche carrée, bien frisée.
9	M. Noblet, à Châteaurenard (Loiret).........	Agnelle mérinos, précoce.......	Jaune pâle.......	1,08	0,73	0,71	70	101	2,66	Id.	Mèche carrée, régulière.
10		Id.	Id.	1,66	1,11	1,00	60	92	3, 4, 3, 3, 4, 3 } 1,67	Id.	Id.
11		Id.	Id.	1,19	0,73	0,68	60	82	2,00	Id.	Id.
12		Id.	Id.	1,57	0,95	0,88	53	71	2,5	Id.	Id.
13	M. Delamarre, à Éprunes (Seine-et-Marne).....	Bélier mérinos, précoce. 18 mois.	Id.	0,23	0,21	0,19	85	135	4, 4, 4, 5, 4, [illegible] } 2,16	Très-forte.	Mèche carrée, très-propre.
14		Brebis mérinos, précoce. 18 mois.	Id.	0,17	0,11	1,105	80	135	5, 5, 5, 5, 5, 5 } 2,5	Id.	Id.
15		Agnelle mérinos, précoce. 1 an. .	Id.	0,07	0,05	0,049	55	73	1,85	Id.	Id.
16		Id.	Id.	0,21	0,16	0,155	60	89	1,85	Id.	Id.
17		Id.	Id.	0,40	0,24	0,22	55	100	4, 6, 5, 5, 4, 4 } 2,33	Id.	Id.
18	M. Lefèvre, aux Aulnois (Seine-et-Marne).....	Bélier mérinos, précoce. 18 mois.	Id.	0,12	0,08	0,065	95	130	2,17	Id.	Laine très-propre.
19		Brebis mérinos, précoce. 18 mois.	Id.	0,16	0,11	0,097	75	108	[illegible], [illegible], 6, 4, 5, 5 } 2,58	Id.	Id.
20		Id.	Id.	0,24	0,12	0,11	70	100	1,915	Id.	Un peu moins propre.
21	Bergerie nationale de Rambouillet (Seine-et-Oise).	Bélier mérinos, n° 171..........	Jaune d'ocre foncé.	0,90	0,47	0,445	55	113	5, 5, 7, 6, 5, 5 } 2,75	Id.	Mèche carrée, tassée, peu propre.
22		Brebis mérinos, n° 189.........	Jaune d'ocre clair.	1,09	0,69	0,645	60	106	5, 5, 7, 5, 5, 4 } 2,58	Id.	Id.

» 2° L'influence exercée par le développement précoce sur le brin de laine se traduit par une augmentation de la longueur de ce même brin, sa croissance, résultant de la formation des cellules épidermiques dans le bulbe pileux, étant plus active. Il y a, pour le même temps, plus de substance laineuse produite.

» 3° Le développement précoce ne paraît avoir non plus aucune influence sur le nombre des courbes de frisures qui existent dans le brin, pour une longueur déterminée. Son effet est nul sur la forme de ces courbes, qui, de même que le diamètre du brin, résulte de l'aptitude individuelle également héréditaire.

» 4° Le développement précoce ne fait point varier le nombre des bulbes pileux ou laineux existant pour une étendue déterminée de la superficie de la peau. Il ne change rien, par conséquent, à ce qu'on appelle vulgairement le *tassé* de la toison. Les modifications que présente à cet égard la mèche de laine ne sont qu'apparentes. En augmentant la longueur des brins, la précocité augmente nécessairement celle des mèches qu'ils forment, ce qui fait paraître la toison moins *fermée*.

» 5° La qualité et la quantité du suint ne sont point modifiées par la précocité du développement : elles restent ce qu'elles auraient été si l'animal s'était développé normalement, ainsi que le prouvent les différences constatées entre des sujets également précoces. Cela démontre que la qualité et la quantité du suint dépendent d'une aptitude individuelle susceptible d'être modifiée seulement par l'hérédité.

» 6° La précocité du développement augmente le poids total de la toison. Cette proposition était impliquée par les précédentes, qui l'expliquent. En effet, du moment que ni le diamètre ni le nombre des brins ne diminuent et que leur longueur augmente, il y a nécessairement augmentation de substance, la quantité et la qualité relatives du suint restant les mêmes.

» 7° La valeur commerciale des toisons de mérinos précoces est augmentée, par rapport à celle des toisons de mérinos communs, non-seulement en raison de leur plus fort poids, mais encore en raison de la plus-value constante qui appartient aux laines dites de peigne, au prorata même de leur longueur.

» 8° Loin donc d'avoir diminué l'importance des mérinos comme producteurs de laine en leur faisant acquérir l'aptitude au développement précoce, qui a eu pour effet de les transformer en excellents producteurs

de viande, il se trouve au contraire qu'on a en même temps augmenté cette importance, et que, dans les nouvelles conditions économiques comme dans les anciennes, les mérinos ont conservé le premier rang qui leur appartient parmi les races ovines. »

GÉOLOGIE COMPARÉE. — *Caractères de la croûte produite sur les roches terrestres par les agents atmosphériques; comparaison avec l'écorce noire des météorites grises;* par **M. Stan. Meunier.**

« On a vu précédemment à quelle conclusion conduit l'examen des météorites grises, quant au mode de formation de l'écorce noire dont elles sont revêtues : la croûte dont il s'agit est due, avant tout, à l'action mécanique exercée par l'air sur le bolide qui le traverse. Il résulte de cette action mécanique, d'une part, un polissage qui donne lieu à une sorte de faux émail, et, d'autre part, un échauffement qui développe la coloration noire. Le phénomène de fusion, dont on observe des traces incontestables à l'extérieur du vernis, est d'importance tout à fait secondaire.

» Il était naturel de se demander si ce résultat de l'examen direct des météorites ne pourrait pas être contrôlé par l'observation des faits qui se passent à la surface de la terre, et cette prévision a été justifiée par les études dont je vais donner un rapide résumé.

» Les roches polies, soit par les rivières ou les fleuves, soit par les chutes d'eau, soit par les vagues, ont été complétement laissées de côté, parce que l'uniformité de l'action mécanique qu'elles subissent réalise, au moins dans la plupart des cas, des effets différents de ceux que présentent les météorites. Pour la même raison, j'ai dû écarter également les vernis produits par les glissements dans les failles ou par le rabotage des glaises. En passant en revue ces diverses roches, j'ai rencontré quelquefois des concrétions accidentelles très-propres à induire en erreur si l'on n'y faisait grande attention. Il m'a paru préférable à tous égards de prendre mes termes de comparaison, avec les météorites, parmi les fragments de roches abandonnés depuis un temps suffisant à l'action des intempéries et surtout à l'influence prédominante des vents et des poussières qu'ils charrient.

» Dans cet ordre de faits, mon attention a été tout d'abord attirée par un échantillon rapporté du Pérou par le voyageur Weddell, et enregistré dans les catalogues du Muséum d'Histoire naturelle sous le signe 10. P. 158. C'est une mimosite à grains fins et peu péridotifères, constituant des blocs isolés dans le sable qui recouvre les flancs des volcans d'Arequipa.

» Les surfaces naturelles de l'échantillon offrent avec celles des météorites ordinaires une telle ressemblance que la dolérite péruvienne, placée dans une vitrine au milieu de pierres cosmiques et tournée convenablement, ne pourrait sans doute pas en être distinguée. La forme générale de l'échantillon est plus anguleuse que ne le sont d'ordinaire celles des météorites, mais il faut ajouter cependant que, parfois, celles-ci ne sont guère plus émoussées. C'est le cas, par exemple, de l'échantillon 2. Q. 403 de la chute de New-Concord, aux Etats-Unis, et plus encore de l'échantillon 2. Q. 181 de la chute de Tourinne-la-Grosse, en Belgique.

» Mais le point sur lequel il importe d'insister, c'est l'existence, sur la dolérite d'Arequipa, d'une véritable croûte noire, qu'on attribuerait sans hésiter à une fusion superficielle si, entre autres considérations, l'examen microscopique dans la lumière polarisée ne montrait pas son état entièrement cristallisé. Cette croûte n'offre pas, comme le vernis des météorites, les petits filaments externes qui sont certainement fondus; mais, à part cette légère différence, l'analogie est intime.

» Ainsi, comme on l'observe dans les météorites, le vernis de la dolérite est très-nettement distinct de la roche sous-jacente, et peut même en être détaché plus ou moins nettement sous la forme d'écailles extrêmement minces. Examinée à la loupe, cette croûte offre l'apparence de bulles et de bourrelets, tantôt irradiants autour de certains points, tantôt dirigés dans des sens quelconques ; mais on reconnaît aisément que ces accidents sont simplement dus aux irrégularités lentement émoussées de la cassure primitive. Toutefois j'avoue que, pendant quelque temps, j'ai conservé des doutes quant au mode de formation de l'écorce si remarquable de la dolérite péruvienne ; son aspect s'ajoutait à son gisement volcanique pour m'engager à n'accepter qu'avec défiance une conclusion d'après laquelle la chaleur n'est pour rien dans le phénomène.

» Mais ces scrupules ont été complétement levés par l'observation des faits où la fusion ne saurait évidemment avoir rien à faire, puisqu'il s'agit de roches infusibles et placées d'ailleurs aussi loin que possible de toute action calorifique. Je veux parler de blocs de grès quartzeux, répandus en grand nombre à la surface du sol, entre Villeneuve-Saint-Georges et Limeil (Seine-et-Oise). A la vue de ces blocs, on est immédiatement frappé de leur ressemblance avec les météorites, d'abord pour la forme générale, et ensuite en ce qui touche l'existence d'une croûte vernissée qui les enveloppe de toutes parts. La seule différence sensible est que ce vernis, au lieu d'être noir, est d'un rouge ocracé, et j'ai déposé au Muséum un de ces blocs,

remarquable par son analogie de forme avec l'échantillon météoritique 2.Q.384, provenant de la chute de Pultusk, en Pologne.

» Les diverses faces du bloc en question ne sont d'ailleurs pas identiques entre elles. Le vernis n'y a pas atteint sur toutes le même fini, et il en résulte qu'on peut, en les passant successivement en revue, voir comment la croûte externe s'est produite peu à peu. La conclusion de cet examen est que le vernis résulte exclusivement de l'action des agents atmosphériques, produisant le poli d'une manière toute mécanique, et réalisant en outre, par des procédés chimiques plus ou moins compliqués, une modification sensible dans la nature primitive de la roche. Car si, comme on vient de le dire, la croûte est d'un rouge ocreux, l'intérieur de la roche est d'un jaune verdâtre. A première vue, on reconnaît, dans la région externe, la présence du fer oxydé anhydre, tandis que c'est la limonite qui colore le grès en dedans.

» La croûte du grès de Villeneuve-Saint-Georges est beaucoup plus épaisse que celle des météorites, et en même temps elle est en général limitée moins nettement à sa surface interne; cependant on peut, dans certains points, l'enlever sous la forme d'écailles.

» C'est surtout sur celle des faces où il est le plus parfait et, bien entendu, en faisant abstraction de sa couleur, que l'on constate l'identité du vernis avec l'écorce des météorites, dont il diffère surtout par l'absence des filaments fondus cités plus haut. A la loupe, on le croirait presque bulleux et scoriacé, ce qui tient simplement, comme pour la dolérite d'Arequipa, à la rugosité de la cassure. Certaines arêtes simulent des bourrelets à s'y méprendre. La surface est toute couverte des petites cupules décrites tant de fois à propos des météorites, et qu'on a comparées à l'impression que faisaient des doigts sur une pâte molle. Ces cupules résultent de l'arrondissement et de l'émoussement des petites cassures bien connues que le marteau du paveur produit sur le premier pavé venu. Comme dans les météorites, elles sont de tailles très-inégales, et souvent les petites recouvrent le fond des plus grandes.

» En présence d'une identité aussi complète, on est amené à reconnaître que le vernis des météorites et le vernis des roches terrestres qui viennent d'être citées sont dus à la même cause. Seulement, dans un cas, la friction de l'air est très-énergique et de peu de durée, tandis que l'inverse a lieu dans l'autre cas.

» Il est impossible, en terminant, de ne pas remarquer un trait commun du vernis des trois roches comparées ci-dessus, savoir : la météorite, la

dolérite d'Arequipa et le grès quartzeux de Villeneuve-Saint-Georges, vernis qui, dans tous les cas, diffère de la roche qu'il recouvre, puisqu'il est noir pour les deux premiers et rougeâtre pour l'autre. C'est que les trois roches en question prennent justement la couleur et les caractères de leur vernis, quand, éliminant l'action oxydante possible de l'air, on les chauffe à un degré convenable. La météorite et la dolérite deviennent noires, et le grès, perdant son eau, subit la rubéfaction.

» Relativement à ce dernier, je ne prétends pas expliquer comment l'action de l'air détermine le singulier effet qu'on vient de signaler, mais il faut remarquer qu'il y a peut-être dans ce phénomène de quoi rendre compte des déshydratations qui sont si fréquentes parmi les roches, et dont on a souvent tant de peine à saisir le mécanisme. De ce nombre serait peut-être la formation des meulières qui, surtout après les savantes observations de M. E. Robert, semblent si nettement dériver des geysérites. »

M. **Guérin-Mesneville** annonce à l'Académie qu'une station séricicole vient d'être fondée à Châlons-sur-Marne, grâce à l'initiative de M. *Nagel* et de M. *Cordier-Lamotte*.

M. Guérin-Mesneville adresse en même temps à l'Académie un exemplaire du Rapport qu'il a fait à la Société d'Agriculture de France, sur l'établissement de cette station.

« M. **Chasles** présente à l'Académie, de le part de M. G. Govi, un ouvrage intitulé : *Il S. Offizio, Copernico e Galileo, a proposito di un Opuscolo postumo del P. Olivieri sullo stesso argomento, Appunti di Gilberto Govi;* Torino, 1872. (Extrait des *Actes* de l'Académie des Sciences de Turin; séance du 10 mars 1872.)

» L'opuscule dont il s'agit, du P. Olivieri, général des Dominicains et commissaire général du Saint-Office, a été mis au jour à Bologne, au commencement de la présente année, d'après le manuscrit autographe de l'auteur. Le P. Olivieri y dit que l'Inquisition n'aurait pas condamné Galilée si les philosophes de l'époque n'avaient pas été contraires eux-mêmes à l'illustre vieillard. Son principal argument, dans la discussion de certaines vues de Galilée, roule sur ce qu'il aurait ignoré la pesanteur de l'air. C'est là le point principal aussi qui a donné lieu à la dissertation que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie. M. Govi y cite plusieurs passages des ouvrages de Galilée, qui prouvent qu'il avait déterminé la pesanteur de l'air bien avant l'époque de son procès; et il insiste particulièrement, à ce sujet, sur une

lettre de 1612, adressée à J.-B. Baliani, dans laquelle Galilée lui apprend le procédé pour la détermination du poids de l'air qu'il trouve $\frac{1}{460}$ du poids de l'eau.

» Dans le cours de son écrit, M. Govi a l'occasion de parler de divers autres points de la vie et des travaux de Galilée; de plusieurs écrits auxquels a donné lieu la grande question de sa condamnation par le tribunal de l'Inquisition; de la conversation de M. Biot, à Rome, en 1825, avec le P. Olivieri (1); de la publication d'une partie des pièces du procès de Galilée, communiquées à M. H. de l'Épinois (2). Il conclut que la partie relative aux derniers jours de la résidence de Galilée au palais de l'Inquisition est couverte encore d'une certaine obscurité et d'indécision, et peut faire désirer la publication complète de ce qui se rapporte à ce grand fait du XVII[e] siècle. On lira avec intérêt cette érudite dissertation. »

M. Larrey présente à l'Académie, de la part de M. *Logan*, Directeur général du département médical de l'armée anglaise, le 12[e] volume des Rapports, pour l'année 1870.

« Ce volume, dit M. Larrey, contient les documents les plus développés, dans leur ensemble, sur l'état sanitaire des troupes de tout le Royaume-Uni, sur les maladies et la mortalité, sur le recrutement et les cas de réforme. Ces questions générales sont successivement appliquées ensuite, en particulier, à chacune des nombreuses stations ou possessions anglaises. Un supplément au Rapport de 1869 précède l'appendice, qui comprend, à lui seul, les deux tiers du volume et offre une longue série de Mémoires, de Rapports et d'observations sur divers sujets d'hygiène, de médecine et de chirurgie militaires, de travaux topographiques et d'une suite de relevés statistiques, avec des plans, des cartes et des tableaux d'un grand intérêt pratique. »

M. Bouley, en présentant à l'Académie un ouvrage de M. *G. Fleming*, imprimé en anglais, et contenant une étude complète de la rage et de l'hydrophobie, s'exprime comme il suit :

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie, de la part de M. Georges Fleming, président de *la Société centrale de médecine vétérinaire* de l'Angle-

---

(1) *La vérité sur le procès de Galilée.* (Voir *Journal des Savants*, 1858.)

(2) Galilée, *son procès, sa condamnation, d'après des documents inédits.* (Extrait de la *Revue des documents historiques.* Paris, 1867.)

terre, un livre ayant pour titre : *Rabies and hydrophobia*, avec cette épigraphe empruntée à Celse : « Miserrimum genus morbi, in quo simul æger et siti et aquæ metu cruciatur; quo oppressis, in angusto spes est. »

» M. Fleming expose, dans son livre, l'histoire de la rage depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours; puis il en trace la géographie et fait voir que c'est une maladie rare dans les régions à températures extrêmes, comme les régions tropicales et les régions glaciales, tandis qu'elle est fréquente, au contraire, dans les contrées tempérées et principalement en Europe, où elle paraît avoir acquis un plus haut caractère de virulence qu'autrefois, en même temps que ses manifestations sont plus nombreuses. En Europe, elle n'est pas uniformément répandue; c'est en France, en Allemagne, dans la haute Italie et dans la Hollande qu'elle se montre le plus souvent; tandis que, rare en Espagne, elle serait à peu près inconnue dans le Portugal. En Angleterre, les cas de rage, très-rares autrefois, se sont beaucoup multipliés depuis le commencement de ce siècle, « à ce point, dit M. Fleming, que si l'on n'a pas recours à des mesures générales, l'Angleterre aura tout autant à souffrir de cette terrible maladie que la France et l'Allemagne. »

» Dans le chapitre de l'Étiologie, M. Fleming examine et discute toutes les circonstances auxquelles on a attribué une influence causale dans le développement de la rage. Il admet sa *spontanéité*, parce qu'il ne lui paraît pas possible d'accommoder avec la doctrine étiologique de la contagion les manifestations épizootiques de la rage, à de certaines époques et dans de certaines régions.

» Comme exemple de *rage spontanée*, développée sous l'influence de la terreur, M. Fleming donne la relation circonstanciée de la manifestation soudaine de cette maladie sur un très-petit terrier *joujou*, comme il s'appelle, — very small toy terrier, — qui l'accompagnait dans un voyage en chemin de fer. Ce chien, qui s'était endormi avec toutes les apparences de la santé, fut tout à coup tiré de son sommeil par le bruit strident d'un train qui vint à croiser celui qui le transportait. Dès ce moment, il se mit à pousser des hurlements étranges, fut pris d'une agitation extrême, devint sourd à la voix de son maître, cherchant à s'échapper, et répandant par sa bouche une bave abondante. Tous les symptômes caractéristiques de la rage se déroulèrent le jour suivant, à la fin duquel cette maladie, dont le début avait été si soudain, se termina par la mort. Était-ce la rage? Malheureusement l'inoculation, qui seule aurait permis de résoudre cette question, n'a pas été faite.

» Dans le paragraphe relatif aux modes de transmission, M. Fleming a rassemblé les faits qui démontrent que ce n'est pas seulement la salive qui sert de véhicule à la contagion, mais que le sang lui-même est virulent dès le début de la maladie, et peut la transmettre par son inoculation expérimentale. Ce chapitre est très-complet et plein d'intérêt.

J'en dirai autant de celui qui est relatif à la symptomatologie. M. Fleming trace les caractères de la rage dans toutes les espèces, la nôtre y comprise, et ne néglige aucun des traits qui, dans l'espèce canine surtout, peuvent servir à la signaler à tous ses degrés, depuis sa période initiale jusqu'à sa terminaison par la mort.

» Le livre de M. Fleming se termine par l'exposé des moyens de traitement, et la plus grande partie de ce chapitre est consacrée aux moyens préservatifs, en tête desquels M. Fleming place en première ligne la *vulgarisation* des symptômes.

» Aussi recommande-t-il — et cette idée très-pratique aurait, je crois, une très-grande utilité, au point de vue prophylactique — de retracer les caractères les plus saillants de la rage derrière le *récépissé* que l'on délivre aux personnes qui possèdent des chiens et qui doivent payer l'impôt établi sur ces animaux dans presque tous les pays. De fait, la rage n'est vraiment dangereuse et ne devient la cause de tant de malheurs que parce qu'on la méconnaît à sa période initiale. Si l'on savait comment elle s'exprime quand elle commence, il serait toujours possible de prévenir ses sévices, en enchaînant le chien au moment où il n'est pas encore dangereux, et en l'empêchant ainsi d'obéir à l'instinct qui le porte à fuir la maison de son maître et à aller répandre, dans toutes les directions, la terrible contagion à laquelle il sert de récipient et de véhicule.

» L'auteur du livre dont je viens de faire l'analyse sommaire s'est proposé pour but cette *vulgarisation* si utile des symptômes de la rage. Pour réaliser ce projet, il a complété sa propre expérience par celle des auteurs qui ont écrit dans tous les pays sur cette étrange maladie, et, grâce à ce concours toujours avoué, il a fait de son livre l'ouvrage le plus complet peut-être qui ait été publié sur la matière. »

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie. M. Edw.
